

Peetu Orava

3D-visualisoinnin hyödyntäminen teräsrakentamisessa

Opinnäytetyö

Kevät 2020

SeAMK Tekniikka

Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: SeAMK Tekniikka

Tutkinto-ohjelma: Rakennustekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Talonrakennustekniikka

Tekijä: Peetu Orava

Työn nimi: 3D-visualisoinnin hyödyntäminen teräsrakentamisessa

Ohjaaja: Petri Koistinen

Vuosi: 2020

Sivumäärä: 54

Liitteiden lukumäärä:

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia, mitä hyötyjä saadaan erityyppisillä 3D-visualisoinnilla teräsrakenneprojektien eri vaiheissa, ja kuinka sitä voidaan soveltaa eri kohderyhmille Ruukki Building Systems Oy:ssä. Visualisoinnilla tarkoitetaan mm. tarjousvaiheen myynnin tueksi näyttäviä kuvia ja asennuksen helpottamiseksi videoita ja teräsrakenteista luotuja animaatioita asennusjärjestyksestä.

Jotta voidaan selvittää, miten 3D-visualisointia voidaan hyödyntää ja soveltaa optimaalisesti teräsrakenneprojekteissa, opinnäytetyössä käsitellään myös käytännön osuutta visualisaation luonnissa. Visualisaatioon on otettu malliksi työvaiheet teräshallin rungon asennusjärjestyksestä ja laataston asennuksen yksityiskohdista luoden niistä visualisoinnit jatkokehitystä varten. Kyseisille visualisaatioille on myös alustavaa käytännön tarvetta tutkimuksen lisäksi.

Työvaiheiden selvityksen lisäksi ennen varsinaisen käytännön osuuden tekoa opinnäytetyössä käsitellään myös käytetyistä ohjelmista tarvittavat käsitteet, työkalut ja niiden tarkoitus visualisaatiota varten. Etenkin käydään läpi Tekla Structuressa huomioitavat asiat, jotka samalla ohjaavat suunnittelijoita Teklan mallin jatkokäsittelyyn visualisaatiota varten.

Teoriaosuudessa selvitettyjä tietoja käytetään pohjana, ja käytännön osuudessa luotuja esimerkkejä hyödyntäen tutkitaan, miten 3D-visualisaatiota pystyttäisiin parhaiten hyödyntämään ja jatkokehittämään Ruukki Building Systems Oy varten.

Avainsanat: 3D, visualisointi, teräsrakentaminen, asennus

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Construction Engineering

Specialisation: Building Construction

Author: Peetu Orava

Title of thesis: Utilisation of 3D-visualisation for steel construction

Supervisor: Petri Koistinen

Year: 2020 Number of pages: 54 Number of appendices:

The purpose of the thesis was to explore what benefits could be gained from using 3D-visualisation, as well how it could be utilised in different phases of steel construction projects and how it could be applied for different target groups at Ruukki Building Systems Oy. Visualisation refers to making spectacular pictures of steel constructions to support sales, as well creating animations and videos of erection procedure sequence for assembly guides.

In order to find out how 3D-visualisation could be utilised and applied optimally on different steel construction projects, the thesis also dealt with the practical creation of two different 3D-visualisations, of which the work steps of the procedure sequence of a steel hall erection and the installation steps of a detailed assembly of hollow core slabs were taken as examples. From these the 3D-visualisation was created for further development, and the visualisations would also have practical use as additional guides besides the use for research.

Besides sorting out the required assembly stages for two projects and before actual practical portion of visualisation started, the thesis studied the software used and workflow process, as well tools and their purpose for 3D-visualisation. Especially Tekla Structures software was examined, so that it could guide designers to prepare the Tekla 3D-model for future use in visualisation.

The information found in the theoretical part and the 3D-visualisation examples were used as the basis to research how 3D-visualisation could best be utilised and developed for future projects at Ruukki Building Systems Oy.

Keywords: 3D, visualisation, steel construction, installation

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ.....	4
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluettelo.....	7
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	9
1 JOHDANTO.....	11
1.1 Opinnäytetyön taustaa.....	11
1.2 Tilaaja.....	11
1.3 Tavoitteet ja hyödyt.....	12
1.4 Teorian, toteutuksen ja tutkimusosuuden vaiheet ja rajaukset.....	14
2 3D-VISUALISOINTI JA KÄYTETTÄVÄT TYÖKALUT.....	15
2.1 3D-visualisointi ja sen alustavat mahdollisuudet.....	15
2.2 Tekla Structures.....	15
2.3 IFC ja BIM.....	16
2.4 IFC-tiedostomuodon muuttaminen tavanomaisempaan 3D- tiedostomuotoon.....	17
2.4.1 Trimble Sketchup Make 2017.....	17
2.4.2 IfcOpenShell.....	18
2.4.3 Archicad 22.....	18
2.5 Yleisimmät tuetut 3D-mallien tiedostomuodot.....	18
2.5.1 Wavefront OBJ.....	18
2.5.2 Autodesk FBX.....	19
2.5.3 COLLADA DAE.....	19
2.6 3D-visualisoinnissa käytettävä ohjelma Blender.....	20
2.6.1 Cycles.....	20
2.6.2 Eevee.....	20
3 TERÄSRUNKOISEN HALLIN JA LAATASTON ASENNUSJÄRJESTYS.....	21
3.1 Teräshallin rungon asennusjärjestys.....	21
3.1.1 Pilarit ja vinositeet.....	22

3.1.2	Niskaristikot, palkit ja kattoristikot	22
3.1.3	Pituussuuntaiset siteet	23
3.1.4	Kantavat poimulevyt.....	24
3.1.5	Toisto	24
3.2	Välipohjapalkkien ja ontelolaataston asennuksen yksityiskohdat.....	25
3.2.1	Kahden ensimmäisen pilarin asennus ja väliaikainen tuenta	26
3.2.2	WQ-palkin asennus, lukitseminen ja holvituet.....	26
3.2.3	Aikaisemman toisto B- ja C-linjoille	27
3.2.4	Pilareiden alusvalu	28
3.2.5	Ontelolaattojen asennus	28
3.2.6	Porraskuilu ja putoamissuojaus	29
3.2.7	WQ-palkkien rauditus.....	29
3.2.8	Ontelolaattojen betonivalu.....	30
3.2.9	Seuraavan linjan pilarit ja loppujen toisto samalla periaatteella	31
4	VISUALISOINNIN TOTEUTUS	32
4.1	Huomioitavat asiat.....	32
4.1.1	Teklan ja Blenderin keskeinen vuorovaikutus	33
4.1.2	Mallin vienti ifc-tiedostomuotoon	37
4.1.3	Ifc-tiedoston käsittely ja tuonti 3D-ohjelmaan.....	37
4.2	Visualisointi	39
4.2.1	Teräshallin rungon asennusjärjestys ja laataston visualisointi	39
4.2.2	Laataston visualisoinnissa erikseen huomioitavat asiat	41
5	TULOKSET, KOHDERYHMÄT, JATKOKEHITYS JA HAASTEET	43
5.1	Kohderyhmät.....	44
5.1.1	Tuotekehitys.....	44
5.1.2	Asennus ja työturvallisuus.....	45
5.1.3	Suunnittelu	45
5.1.4	Muuta	46
5.2	Haasteet ja jatkokehitys	47
5.2.1	Projektiin ja markkinointiin hyödynnettävät 3D-visualisaatiot	47
5.2.2	Asennukseen ja ohjeisiin hyödynnettävät 3D-visualisaatiot	48
5.3	Visualisoinnin työstämisen jatkokehitys ja optimointi	49
5.4	Lisämahdollisuuksia 3D-visualisoinnin käyttöön.....	50

6 YHTEENVETO.....	51
LÄHTEET.....	52

Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. Teräshallin runko.	21
Kuva 2. Rungon pilarit ja vinositeet asennus.	22
Kuva 3. Rungon niskaristikko, palkit ja kattoristikkojen asennus.....	22
Kuva 4. Rungon niskaristikot, palkit ja kattoristikot läheltä.	23
Kuva 5. Rungon pituussuuntaisten siteiden asennus.....	23
Kuva 6. Rungon kantavien poimulevyjen asennus.....	24
Kuva 7. Rungon vaiheiden lohkon A toisto.	24
Kuva 8. Laatasto.	25
Kuva 9. Laataston pilarit ja tuenta.....	26
Kuva 10. Laataston wq-palkin asennus.	27
Kuva 11. Laataston aikaisempien vaiheiden toisto.	27
Kuva 12. Laataston pilarien alusvalu.	28
Kuva 13. Laataston ontelolaattojen asennus.	28
Kuva 14. Laataston putoamissuojan asennus.	29
Kuva 15. Laataston saumaraudotus.....	30
Kuva 16. Keskipalkin raudoitus.	30
Kuva 17. Ontelolaattojen betonivalu.	31
Kuva 18. Laataston vaiheiden toisto.	31
Kuva 19. Assembly Hierarchy.....	33
Kuva 20. Blender Outliner.....	34

Kuva 21. Teklan Profile properties ja Blenderin Material properties.....	35
Kuva 22. Tekla Phase Manager.....	36
Kuva 23. Tekla Selection Filter.	36
Kuva 24. Tekla Export to IFC.....	37
Kuva 25. Sketchup DAE Export options ja Archicad FBX Export options.	38
Kuva 26. Sketchup dae:n ja Archicad fbx:n luoma hierarkia.	41
Kuva 27. Blenderissä pilarin osien ryhmittely Outlinerissa.....	42

Käytetyt termit ja lyhenteet

IFC	Industry Foundation Classes on rakennusalalla tiedon siirtoon käytettävä standarditiedostomuoto. Sisältää 3D-mallin lisäksi myös objektien ja kohteen tarkemmat ominaisuudet.
BIM	Building Information Model on rakennuksen tietomalli. Tiedostomuoto riippuu käytettävästä ohjelmasta, kuuluuko tiedosto formaatti avoimeen lähdekoodiin vai suljettuun. Teklan tallennettavat projektit ovat omia tietomalleja, minne voi tuoda ifc:n avulla 3D-malleja muualta tai tallentaa osan Teklan tietomallista objekteista ifc-tiedostomuotoon.
Open source formats	Avoimeen lähdekoodiin perustuvat sovellukset, jotka tarjoaa mahdollisuuden tutustua lähdekoodiin ja muokata sitä omia tarkoituksia varten.
Proprietary formats	Suljettuun lähdekoodiin perustuvat sovellukset, joiden kehittämisestä vastaa sovelluksen omistaja.
3D-malli	Kolmi-ulotteinen malli objektista tai kohteesta, jonka avulla voidaan esittää kohteen koko ja muoto. Luettavat ominaisuudet riippuvat lisäksi siitä, millä tiedostomuodolla 3D-malli tallennetaan, ja millä ohjelmalla se aukaistaan.
3D-renderöinti	Tarkoitetaan yleensä 3D-mallien muuttamista 2D-kuviksi tai videoiksi.
3D-visualisaatio	On lopputuote, joka voi sisältää kuvia, videoita tai interaktiivisesti toimivia kokonaisuuksia.
OBJ, DAE ja FBX	Yleiset tiedostomuodot 3D-mallien siirtoon 3D-ohjelmien välillä ja 3D-visualisaatioita varten.

Renderöintimoottori	On ohjelma tai lisäosa, jonka avulla luodaan näkymä 3D-mallista. On erikseen renderöintimoottoreita 3D-mallin esikatseluun näytöltä tai lopullisen 3D-visualisaation luomiseen. Jotkut soveltuvat molempiin tarkoituksiin.
Cycles	Blenderin renderöintimoottorina soveltuu 3D-visualisaatioiden realististen näköisten kuvien tai videoiden renderöimiseen.
Eevee	Blenderin renderöintimoottorina sopii 3D-visualisaation esikatseluun, kuten reaaliaikaista renderöintimoottoria varten mm. virtuaaliympäristöihin. Voidaan lisäksi käyttää videoiden ja kuvien nopeaan renderöimiseen.
Assembly	Teklan työkaluosien yhdistämiseksi kokoonpanoksi ja ryhmittelyyn.
Outliner	Blenderin ominaisuus osien ja objektien yhdistämiseksi kokoonpanoksi ja ryhmittelyyn.
Class	Teklan asetus osien värien esityksen määrittelemiseen.
Material	Teklassa määrittää osassa käytettävän rakennusmateriaalin. Blenderissä määrittää osan pinnan ulkoiset ominaisuudet: väri, tekstuuri, heijastavuus jne.
Phase Manager	Teklassa oleva työkalu, jota käytetään mallin jaottelemisessa osiin tai lohkoihin.
Selection Filter	Teklassa käytetään mallin osien valitsemisen rajaukseen. Voidaan filteröidä esim. Phase managerin jaoteltujen osien mukaan.

1 JOHDANTO

1.1 Opinnäytetyön taustaa

Opinnäytetyön aihe lähti liikkeelle kesällä 2019, kun Ruukki Building Systems Oy Peräseinäjoen yksikkö, halusi hyödyntää eräässä projektissa opinnäytetyön tekijän aikaisempaa kokemusta 3D-visualisaatiosta.

Opinnäytetyön tekijällä on aikaisempaa kokemusta useampi vuosi arkkitehtuurisesta 3D-visualisaatiosta, myös kuvan upotuksista markkinointikäyttöä varten ja yleisesti 3D-mallintamisesta eri projekteissa. Ruukki ehdotti 3D-visualisaation luomista konsepti- teräshallista esittelydemonstraatiota varten, jonka jälkeen Ruukki halusi hyödyntää visualisaation käyttöä muuallakin.

Ensimmäinen visualisaatio oli myös testi siitä, että Teklan mallia on mahdollista käyttää tuota tarkoitusta varten 3D-visualisaatioon soveltuvassa ohjelmassa. Toisin sanoen tarkoituksena oli osoittaa idea toteuttamiskelpoiseksi, ja tästä pystyi ensimmäisen esimerkin luomaan.

Opinnäytetyössä on tarkoitus selvittää, mitä hyötyjä saadaan erityyppisillä 3D-visualisoinnilla teräsrakenneprojektien eri vaiheissa ja kuinka niitä voidaan soveltaa muissa kohderyhmillä. Ensimmäinen visualisaatio oli kuitenkin vain pintaraapaisu ja osa teknisistä asioista jäi vielä varjoon visualisaation soveltamisesta.

1.2 Tilaaja

Opinnäytetyön tilaajana on Peräseinäjoella sijaitseva yksikkö, joka tunnetaan nimellä Ruukki Building Systems Oy. Se on erikoistunut rakennusten runko- ja kuorirakenteiden sekä siltarakenteiden suunnitteluun, valmistukseen ja asennukseen. Aikaisemmin yritys tunnettiin nimellä Ruukki Constructions Oy, mutta kesäkuussa 2019 siitä tuli itsenäinen liiketoiminto. Kun yhtiöittäminen saatiin päätökseen, Ruukki Building Systems Oy jatkaa kuitenkin Ruukki-brändin alla. Yhtiöittämisellä ei ollut vaikutusta henkilöstöön, ja uuteen yksikköön siirrettiin kaikki

Building Systems -liiketoiminnan toiminnot. (Ruukki Building Systems – yksiköstä itsenäinen liiketoiminto 2019.)

1.3 Tavoitteet ja hyödyt

Ruukki Building Systems Oy:llä oli tarvetta kahdelle erityyppiselle toteutukselle, joista luotiin alustavat versiot toteutuksen osiossa. Kyseessä on teräshallin rungon asennusjärjestyksen animaatio ja laataston asennuksen vaiheiden animaation yksityiskohtaisempi visualisointi. Vaikka kyseiset visualisaatiot luotiin alustavaa tarvetta varten, niitä käytettiin myös tutkimuksessa muiden hyötyjen kehityksessä eri kohderyhmille.

Teräshallin rungon asennusanimaatioon sisältyy Teklassa luodun valmiin hallin käsittely ja siirto toiseen 3D-ohjelmaan visualisointia varten. Kyseinen teräshalli on sama konseptihalli, josta luotiin markkinointikäyttöön aikaisemmin 3D-renderöintejä, mutta tällä kertaa samaa hallia käytetään teräsrungon asennusanimaatiota varten. Opinnäytetyöhön kuuluu myös asennusvaiheiden käsittely, jotka vaikuttavat Teklassa ja Blenderissä huomioitaviin asioihin huomattavasti enemmän.

Alustavat tarpeet Ruukki Building Systems Oy:lle teräshallin rungon asennus animaatiosta on

1. suunnittelun vaiheiden esittely
2. asennusjärjestyksen näyttäminen eri osapuolille
3. esitys asiakkaalle.

Yksityiskohtaisempaan ontelolaataston visualisointiin on Ruukilla luotu täysin oma malli kyseistä tarkoitusta varten. Kyseisenä mallina on WQ-palkkien ja ontelolaattojen yksityiskohtaisemmat asennusvaiheet, joiden visualisoinnin alustavana tarpeet ovat

1. uudelle suunnittelijalle havainnointi asennusvaiheista ja tavoista
2. perehdyttäminen ennen kohteen asennusta.

Kyseiset visualisaatiot on luotu myös sen takia, että niitä on pystytty näyttämään usealle eri osapuolille ja kohderyhmille, jotta alustavat hyödyt tulisivat paremmin ilmi antaen kohderyhmille kattavamman kuvan mahdollisuuksista. Visualisaatioiden luonnin aikana kerättyjä tietoja pystyttiin paremmin käyttämään hyödyksi, kuinka niitä voitaisiin soveltaa optimaalisesti kohderyhmien tarpeita ja jatkokehitystä varten.

Myöhemmissä vaiheissa tärkeäksi osaksi tuli 3D-mallin valmistelu Tekla Structuressa, jotta sitä on mahdollista hyödyntää visualisointiin tarkoitetussa 3D-ohjelmassa. Tästä hyötyy suunnittelijat Teklan käytössä, jotta tietää mitä toimenpiteitä malliin pitää mahdollisesti tehdä ja ottaa huomioon ennen Teklan mallin viemisessä ifc-tiedostomuotoon. Myös tiedostetaan rajoitteet ja vaatimukset, kuinka ne voidaan ottaa huomioon työstämisen aikana tai jälkeen.

Ifc-tiedostomuodon käsittely oli osa tätä kokonaisuutta, ja tässä opinnäytetyössä pyrittiin käyttämään ohjelmia, jotka olivat myös Ruukki Building Systems Oy:ssä käytössä. Mahdollisesti parempia vaihtoehtoisia ohjelmia ifc-tiedostonmuodon käsittelyyn on lukuisia, mutta rajoituttiin saatavilla oleviin.

Ifc-tiedostomuodon lisäksi jouduttiin käsittelemään yleisimmät tavanomaiset 3D-tiedostomuodot, joita visualisointiin tarkoitetut 3D-mallinnusohjelmat pystyvät käsittelemään. Tässä tultiin ottamaan huomioon, mitä rajoitteita ifc-tiedostomuodon muuttamisessa tavanomaisempaan muotoon tuli vastaan, jotta suunnittelija pystyy ottaa ne huomioon Teklassa työstämisen aikana.

1.4 Teorian, toteutuksen ja tutkimusosuuden vaiheet ja rajaukset

3D-visualisoinnin työkaluja käsittelevässä teoriaosuudessa käydään läpi peruskäsitteet ohjelmista, tiedostomuodoista ja niiden soveltamismuodoista, jotta käytännön osuudessa on tarkempi käsitys, mikä merkitys niillä on. Ennen toteutusta käsitellään myös varsinaisen asennusjärjestyksen vaiheet, jotta voi hahmottaa paremmin, mitä varten tiettyjä asioita siinä tehdään. Myös pystytään ottamaan Teklan mallissa muokattavat asiat paremmin huomioon.

Toteutuksen osuudessa käsitellään varsinaiset työvaiheet, työkalut ja käytännön asiat. Toteutuksesta esille tulleet asiat tulevat olemaan tärkeitä, kuinka tuloksia voidaan hyödyntää ja kehittää jatkon kannalta, jotta visualisaatioiden toteuttaminen olisi ajallisesti kannattavaa tapauskohtaisesti.

Toteutuksen jälkeen käydään läpi kuinka tuloksia voidaan hyödyntää jatkokehityksessä ja eri sovelluksissa muissa osaryhmissä. Näitä asioita ollaan käsitelty jo toteutusvaiheiden väleissä palavereissa ja lopuksi eri kohderyhmien kanssa.

2 3D-VISUALISOINTI JA KÄYTETTÄVÄT TYÖKALUT

2.1 3D-visualisointi ja sen alustavat mahdollisuudet

3D-visualisointi yleensä mielletään 3D-grafiikaksi ja se voi tarkoittaa eri asioita käyttökohteesta riippuen, mutta tässä keskitytään lähinnä rakennusteollisuuteen. 3D-visualisointi ei ole sama asia kuin 3D-suunnittelu tai -kehittäminen, koska ne viittaavat uuden sisällön tuottamiseen. Tuota voi ajatella CAD-tiedostojen luontiin tai rakenteiden mallintamiseen. 3D-artisti kyllä voi käyttää kyseisiä työvälineitä hyödyksi visualisointia varten. (What is 3D visualization, Who does it & Why Do You Need it? 2016.)

3D-visualisoinnissa yhdistetään tekninen osaaminen ja 3D-graafisen taito, jossa olemassa oleva malli otetaan käyttöön ja siitä luodaan dynaaminen graafinen tuote. Kyseisiä lopputuotteita voivat olla realistisen näköiset kuvat tai havainnollistavat videot ja virtuaalinen todellisuus. (WHAT is 3D Visualization? 2017.) Vaihtoehtona myös ovat 3D-printtaus tai augmentoitu todellisuus.

Tässä opinnäytetyössä alustavasti keskityttiin kuvien ja videoiden tekoon, ja niiden pohjalta pystyi kehittämään muita mahdollisuuksia. Tässä työssä jouduttiin kuitenkin yhtä lailla keskittymään myös tekniseen puoleen Teklassa, jotta visualisointien luonti oli myös tehokasta käytännön kannalta Blenderissä ja onnistui tarkoituspäriä varten. Jotta mallia pystyttiin työstämään 3D-visualisointiin tarkoitetussa ohjelmassa, pitää malli saada Teklasta ulos oikealla tavalla.

2.2 Tekla Structures

Trimblen kehittämää Tekla Structuresia käytetään erityyppisten rakennuksien ja rakenteiden suunnitteluun, mallintamiseen ja piirustusten luontiin. Sillä voidaan luoda hyvin tarkkoja 3D-malleja, jotka sisältävät kaiken tiedon rakenteiden geometrisesta datasta ja ominaisuuksista. (Powerful structural BIM software for better projects, [viitattu 14.3.2020].)

Kyseistä ohjelmaa käytetään Ruukki Building Systems Oy:n teräshallien mallintamiseen ja piirustusten luontiin. Näitä malleja oli tarkoitus opinnäytetyössä pystyä jatkokehittämään 3D-visualisaation puolella.

Teklasta 3D-mallit ja rakenteet voidaan siirtää toiseen ohjelmaan ifc-tiedostomuodon avulla, mutta harvassa 3D-visualisaatioon tarkoitetussa ohjelmassa pystyy suoraan hyödyntämään kyseistä tiedostomuotoa. Vaan ifc-malli piti muuttaa sopivampaan muotoon välissä, ja tämä aiheutti joitakin yhteensopivuusongelmia, joita tultiin ottamaan huomioon toteutusosassa.

2.3 IFC ja BIM

Ifc-tiedostomuoto lyhenteenä tarkoittaa Industry Foundation Classes, jonka on kehittänyt buildingSMART. Ifc-tiedosto sisältää rakenteiden mallin ja suunnitelmien tiedot, ja tarkoituksena on standardisoida objektien määritelmät rakennusteollisuutta varten. (Tekla Structures support: hakusana IFC 2019.)

Ifc-tiedoston 3D-mallit sisältävät älykkäitä objekteja, joissa on kattavasti tietoa esimerkiksi elementeistä ja teräsprofiileista. Perustietojen lisäksi, kuten geometriset ominaisuudet, ifc-tiedosto tietää myös sijainnin ja yhteydet muihin objekteihin ja niiden ominaisuudet. (Tekla Structures support: hakusana IFC 2019.)

Ifc-tiedostoa tai toisin sanoen ifc-mallia käytetään BIM-ohjelmien välillä, mutta myös muita käyttötarkoituksia löytyy, kuten rakennuksien esikatseluun palavereissa tai kohteen viemiseen toiseen ohjelmaan tai projektiin saman ohjelman sisällä.

BIM eli Building Information Modeling on kattava kokonaisuus, johon sisältyy useita eri työkaluja ja ohjelmia kohteen, rakennuksen, infrastruktuurin suunnitteluun, rakentamiseen ja näiden hallintaan. (Designing and building better with bim, [viitattu 14.3.2020].) Tekla Structures -ohjelmaan voidaan esimerkiksi tuoda ifc-tiedostoja muista ohjelmista tai muilta suunnittelijoilta ja hyödyntää suunnittelussa.

Tässä opinnäytetyössä ifc-tiedostoa tarvittiin kohteen ja mallin viemiseen Teklasta tavanomaisempaan 3D-mallinnusohjelmaan visualisointia varten. Tosin ifc-mallia ei aina voi aukaista suoraan visualisointiin tarkoitetulla 3D-ohjelmalla, vaan se pitää muuttaa sopivampaan 3D-mallin tiedostomuotoon tuota tarkoitusta varten.

Ifc-tiedoston muuttaminen toiseen muotoon onnistuu usealla eri ohjelmalla. Tässä opinnäytetyössä tutkittiin useaa mahdollisuutta etsien parhaita saatavilla olevaa vaihtoehtoa. Ilmaisia vaihtoehtoja ovat mm. Trimble Sketchup ja IfcOpenShell.

2.4 IFC-tiedostomuodon muuttaminen tavanomaisempaan 3D-tiedostomuotoon

Seuraavaksi esitetyillä ohjelmilla ifc-tiedostomuodon voi muuttaa 3D-visualisoinneille sopivaan formaattiin. Toteutuksen puolella on testattu päävaihtoehtoja ja parhaiten tähän käyttötarkoitukseen sopivaa formaattia. Ohjelmiksi on valittu saatavilla olevat vaihtoehdot joko ilmaisena, kokeilu- tai opiskelijaversioina. Muita vaihtoehtoja on olemassa, mutta saatavilla olevat on rajattu käyttöön.

2.4.1 Trimple Sketchup Make 2017

Sketchup Make 2017 on nykyään Trimplen omistuksessa oleva ilmainen 3D-mallinnusohjelma arkkitehtuurista mallinnusta varten. Sketchup Make 2017 voi ottaa vastaan Teklasta ifc- tai skp-tiedostoja, mutta siitä voidaan viedä ulos vain dae-tiedostomuodossa alustavan kokeiluajanjakson jälkeen. (SketchUp Help Center: hakusana Sketchup for Web, [viitattu 16.3.2020]).

Viimeisin asennettavana oleva ilmainen versio Sketchup ohjelmasta on Make 2017. Tästä versiosta eteenpäin uudempana ilmaisena versiona on saatavilla vain web-sovellus, joka vaatii kirjautumisen. Viimeisin versio maksullisesta SketchUp Prosta on kuitenkin mahdollista asentaa. (SketchUp Help Center: hakusana Downloading older versions, [viitattu 17.3.2020].)

2.4.2 IfcOpenShell

IfcOpenShell on ilmainen avoimeen lähdekoodiin perustuva ohjelma, jolla rakennusteknisen ifc-mallin geometrian voi kääntää tavanomaisempaan 3D-tiedostomuotoon. Tosin tämä ohjelma on rajoittanut ifc:n muuttamisen vain Wavefront obj -tiedostomuotoon. (IfcOpenShell, [viitattu 16.3.2020].)

2.4.3 Archicad 22

Archicad 22 on maksullinen 3D-arkitehtuurimallinnukseen ja kuvien piirtämiseen tarkoitettu ohjelma. Tällä ohjelmalla on mahdollista muuttaa ifc-tiedostot useaan toiseen 3D-tiedostomuotoon, ja se tarjoaa kattavat ominaisuudet hallita tiedostojen vientiasetuksia. (Graphisoft, [viitattu 16.3.2020].) Tämä ohjelma oli lisäksi testauksessa opinnäytetyössä, koska se oli saatavilla SeAMKissa.

2.5 Yleisimmät tuetut 3D-mallien tiedostomuodot

Ifc-tiedostomuodon voi muuttaa näihin kyseisiin formaatteihin, joissa jokaisessa on hyvät ja huonot puolensa. Myös ohjelmasta riippuu, mitä tiedostomuotoa se pystyy tukemaan tiedoston viennissä tai tuonnissa ohjelmasta toiseen. Toteutuksen puolella oli pyritty testaamaan jokaista näistä, vaikka varsinaisen visualisaation luotiin käytettiin yhtä.

2.5.1 Wavefront OBJ

Wavefront OBJ on laajasti käytetty tiedostomuoto 3D-alalla, missä moni ohjelma tukee kyseistä formaattia. Tosin se tarjoaa vain perusominaisuudet geometrialle ja materiaaleille. Wavefront obj on yksinkertainen ja tekstipohjainen, minkä takia useat ohjelmat tukevat sitä. (FileInfo, [viitattu 20.3.2020].) Tosin obj-tiedostomuoto ei tue 3D-mallien osien hierarkiaa, joka on hyvin tärkeä visualisaation animaatioita ajatellen.

2.5.2 Autodesk FBX

Kaydara kehitti alun perin fbx-tiedostomuodon MotionBuilder -ohjelmaa varten, mutta myöhemmin Autodesk osti fbx-formaatin. Kyseistä formaattia oli pääasiassa käytetty animaatioiden siirtoon ohjelmien välillä, mutta nykyään se on yksi laajimmin käytetty tiedostomuoto 3D-mallien siirtämisessä ohjelmien välillä. (Blender Developers Blog 2013.)

Animaatioiden lisäksi formaatti tukee 3D-mallin geometriaa, materiaaleja ja hierarkiaa. Se on parempi vaihtoehto obj-tiedostomuodon sijaan, jos ohjelma tukee fbx-formaattia.

2.5.3 COLLADA DAE

Collada DAE on avoinna oleva standardi digitaalisten ominaisuuksien siirtoon 3D-ohjelmien välillä, ja sitä kehittää Khronos Group. Kyseinen tiedostomuoto tukee laajasti eri ominaisuuksia, kuten mallin, kameran ja valon animaatioita sekä objektien hierarkiaa. (KHRONOS Group, [viitattu 20.03.2020].) Riippuen ohjelmien vienti- ja tuontiasetuksista joko fbx- tai dae-tuki on parempi.

2.6 3D-visualisoinnissa käytettävä ohjelma Blender

Blender on ilmainen ja avoimeen lähdekoodiin perustuva 3D-luomisohjelma. Sitä pystyy käyttämään 3D-visualisaatiosta videoeditoimiseen, ja se soveltuu ammattilais- sekä harrastelijakäyttöön. Se tukee obj-, fbx- ja dae-tiedostomuotoja, joten sillä pystyy hyväksymään useaa eri tiedostomuotoa muista ohjelmista. Blenderissä voidaan käyttää visualisointia varten kahta erityyppistä renderöintimoottoria: Cyclesiä ja Eeveetä. (Blender 2.82 Manual: hakusana blender, [viitattu 24.03.2020].) Siihen pystytään myös liittämään IfcOpenShell-ohjelman ifc-tuen lisäosana.

2.6.1 Cycles

Cycles on Blenderin ”physically-based path tracer” renderöintimoottori, jonka tarkoituksena on tarjota fyysisesti tarkkoja lopputuloksia visualisointeja varten. Cyclesin avulla pystytään luomaan hyvin realistisen näköisiä kuvia ja videoita, mutta se vaatii myös paljon aikaa valon ja materiaalien renderöimiseen. (Blender 2.82 Manual: hakusana cycles, [viitattu 10.04.2020].)

2.6.2 Eevee

Eevee on Blenderin reaaliaikainen renderöintimoottori, joka keskittyy nopeuteen ja interaktiivisuuteen. Valaistukseen ja materiaalien lopputulokseen ei saa niin realistista jälkeä kuin Cyclesin avulla, mutta Eevee soveltuu tässä tapauksessa paremmin havainnollistavaan visualisointiin. (Blender 2.82 Manual: hakusana eevee, [viitattu 11.04.2020].)

Tosin on myös mahdollista vaihtaa lennosta kyseisten renderöintimoottorien välillä, joten tarpeiden mukaan voi vaihtaa toiseen. Molemmat hyödyntävät valaistusta ja samoja materiaaleja keskenään, joten esimerkiksi Eeveetä voidaan käyttää esikatseluun ja lopputulos luoda Cyclesin avulla. (Blender 2.82 Manual: hakusana eevee, [viitattu 11.04.2020].)

3 TERÄSRUNKOISEN HALLIN JA LAATASTON ASENNUSJÄRJESTYS

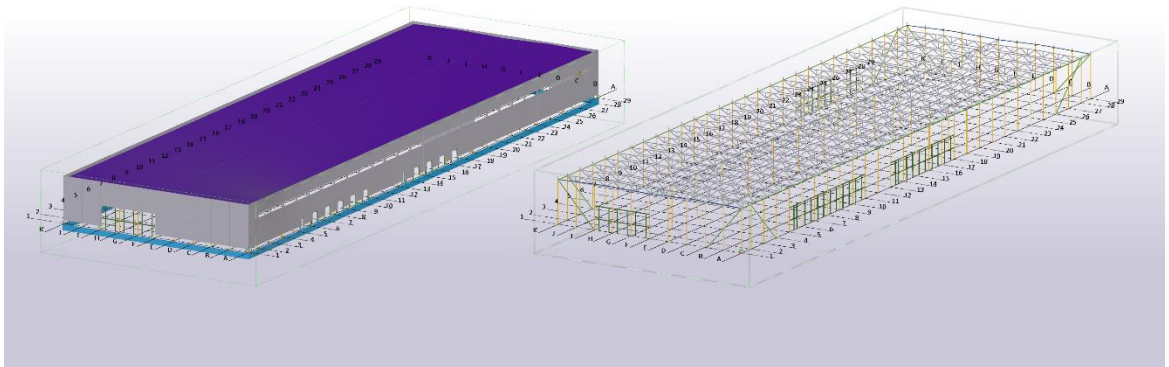
Ennen varsinaisen visualisaatioiden tekemistä jouduttiin selvittämään, kuinka varsinainen asennusjärjestys tapahtuu kyseisissä kohteissa. Tällöin ennen visualisaation luontia oli ymmärrys asennuksen kulusta ja huomioitavista asioista.

Tässä tapauksessa tultiin noudattamaan Ruukin ohjeita asennusjärjestyksen suhteen molemmissa esimerkeissä. Alustavat asennusjärjestykset oli selvitetty palavereissa ja lisäksi seurattiin Ruukilta saatuja kirjallisia ohjeita.

Aivan kaikkiin yksityiskohtiin luoduissa visualisaatioissa ei menty, mutta tarkoituksena oli esittää vaiheet pääpiirteittäin. Tiedot asiat muuttuvat tapauskohtaisesti ja havainnollistamiseen tässä osiossa oltiin käytetty kuvankaappauksia Teklasta ja opinnäytetyön aikana tehdyistä visualisaatioista.

3.1 Teräshallin rungon asennusjärjestys

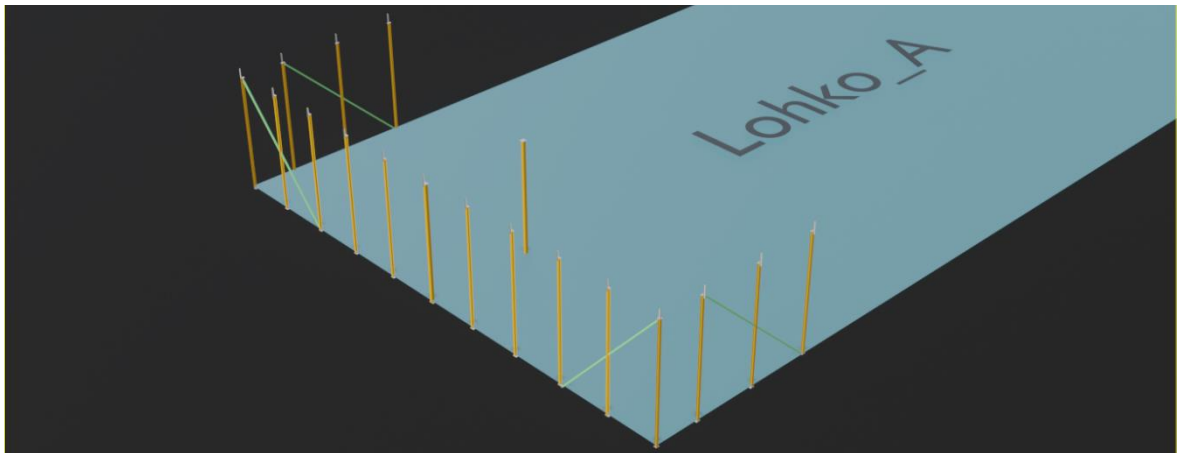
Teräshallin rungon asennusjärjestys käytiin Ruukilla palaverissa päällisin puolin läpi ja siihen ei sen syvällisemmin perehdytty. Mahdollista väliaikaista tuentaa ei ole otettu huomioon, mutta sitten yksityiskohtaisemmassa laataston visualisaatiossa väliaikainen tuenta on tarkemmin huomioitu. Kuvasta 1 näkyy teräshalli kokonaisuudessaan.



Kuva 1. Teräshallin runko.

3.1.1 Pilarit ja vinositeet

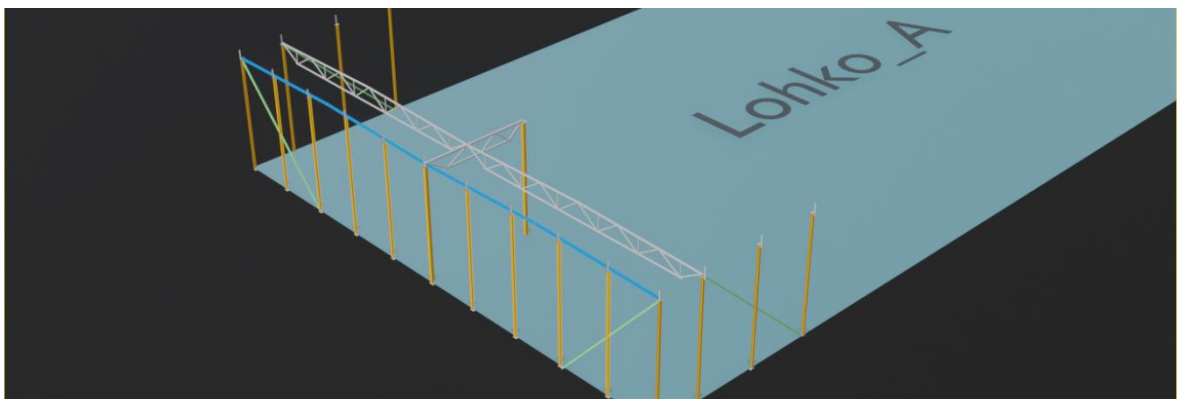
Ensimmäiset pilarit asennetaan neljälle linjalle, jotta vinositeet saadaan asennettua seuraavaksi tukemaan pilareita reunoilta toisen ja neljännen linjan kohdalla, kuten myös vinositeet ensimmäiselle linjalle leveysuunnassa. (Jensén 2020; Sepponen 2020.) Kuvassa 2 on asennetut pilarit ja vinositeet.



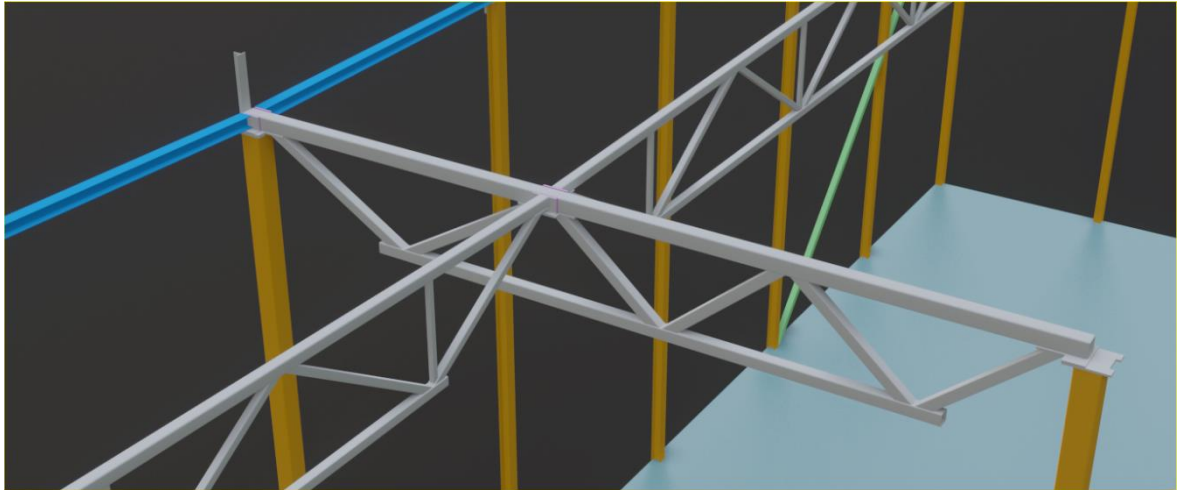
Kuva 2. Rungon pilarit ja vinositeet asennus.

3.1.2 Niskaristikot, palkit ja kattoristikot

Ensimmäinen niskaristikko asennetaan keskelle ensimmäisen ja kolmannen linjan välille. Tämän jälkeen pystytään asentamaan ensimmäisen linjan palkit ja toisen linjan ristikot, jotka asennetaan reunapilarien päälle ja niskaristikon kylkiin. Kuormat kulkevat palkeilta ja kattoristikoilta niskaristikoihin ja pilareihin. (Jensén 2020; Sepponen 2020.) Kuvista 3 ja 4 näkyy kuinka palkit ja kattoristikot tulevat niskaristikoon kiinni.



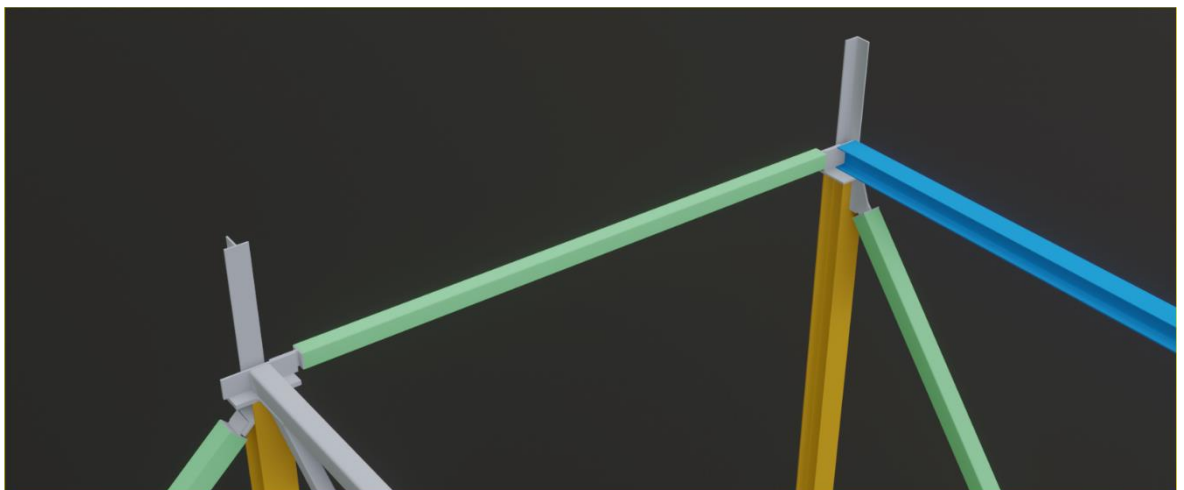
Kuva 3. Rungon niskaristikko, palkit ja kattoristikkojen asennus.



Kuva 4. Rungon niskaristikot, palkit ja kattoristikot läheltä.

3.1.3 Pituussuuntaiset siteet

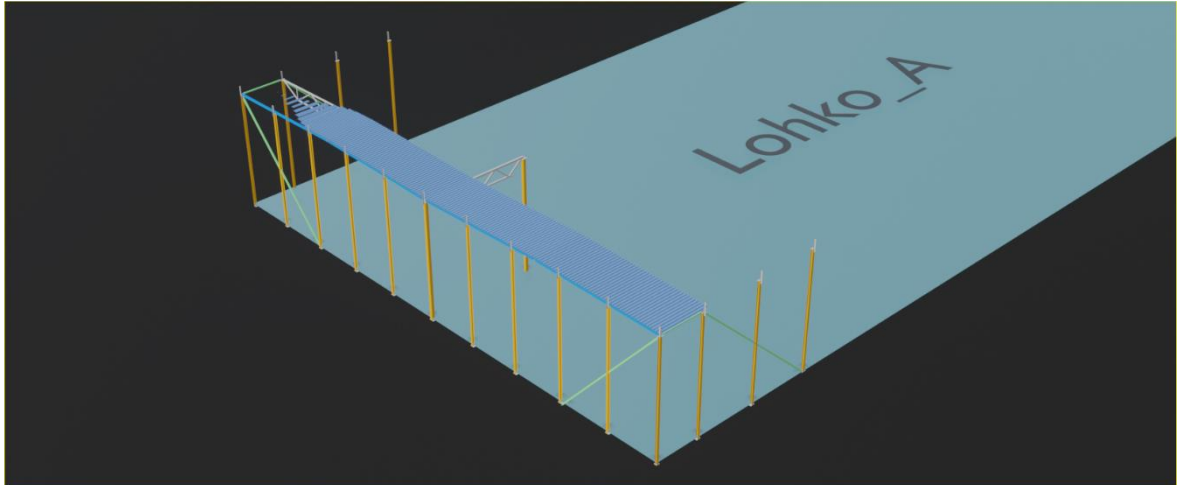
Kahden ensimmäisen linjan välille reunapilarien kohdalle palkin ja ristikoiden välille asennetaan pituussuuntaiset siteet ennen kantavia poimulevyjä. Tässä tapauksessa pituussuuntaisten siteiden liitokset ovat ristikoissa ja palkeissa, joten ne pystytään asentamaan vasta tässä vaiheessa. Muuten ne pystyttäisiin laittamaan samaan aikaan vinositeiden kanssa, jos liitokset olisivat pilareissa. (Jensén 2020; Sepponen 2020.) Vaikka pulttien asennus puuttuu teräshallin rungon visualisoinnista, niin kuvasta 5 näkyy pituussuuntaisten siteiden sijainti.



Kuva 5. Rungon pituussuuntaisten siteiden asennus.

3.1.4 Kantavat poimulevyt

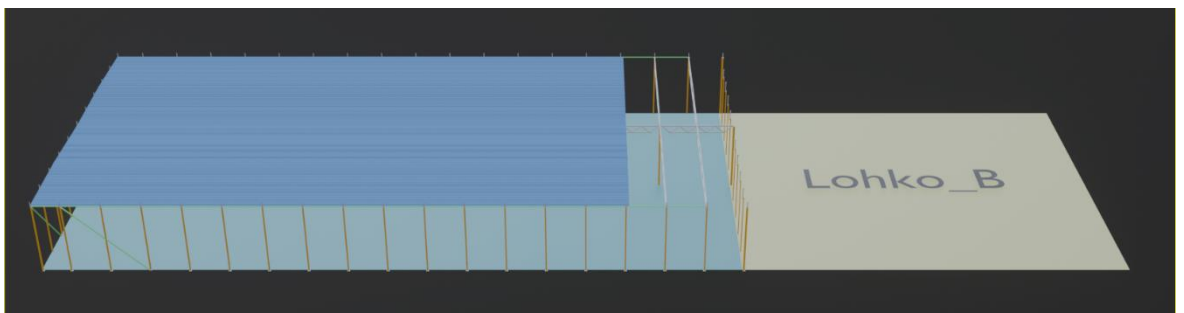
Osana kantavaa rakennetta poimulevyt tullaan asentamaan ristikoiden päälle reunasta reunaan kohti seuraavaa päätyä sivuttaislimitettynä. Ensimmäinen rivi kantavia poimulevyjä tullaan asentamaan kahden ensimmäisen linjan välille, palkin ja ristikon päälle. (Jensén 2020; Sepponen 2020.) Tässä tapauksessa kantavien poimulevyjen asennus tapahtui kuvassa 6 oikealta vasemmalle.



Kuva 6. Rungon kantavien poimulevyjen asennus.

3.1.5 Toisto

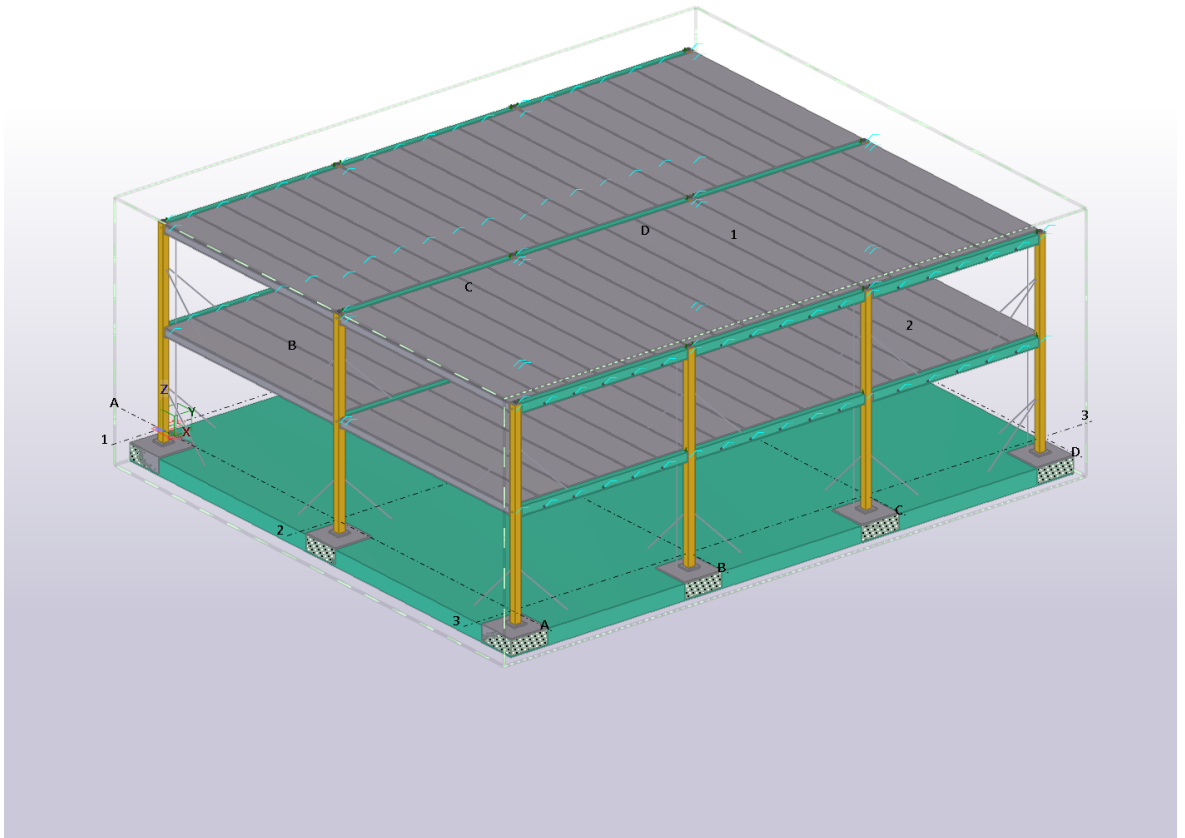
Kunnes alustavat jäykistävät rakenteet on saatu asennettua, jatketaan pilarien asennusta viidennelle linjalle. Tämän jälkeen voidaan asentaa seuraava niskaristikko, jotta saadaan kattoristikot asennettua linjoille kolme ja neljä. Tämän jälkeen voidaan jatkaa pituussuuntaisilla siteillä ja kantavilla poimulevyillä. Vastaava toistuu lohkon A päätyyn asti. (Jensén 2020; Sepponen 2020.) Kuvassa 7 vastaava toisto on tehty lähes lohkon A päätyyn asti.



Kuva 7. Rungon vaiheiden lohkon A toisto.

3.2 Välipohjapalkkien ja ontelolaataston asennuksen yksityiskohdat

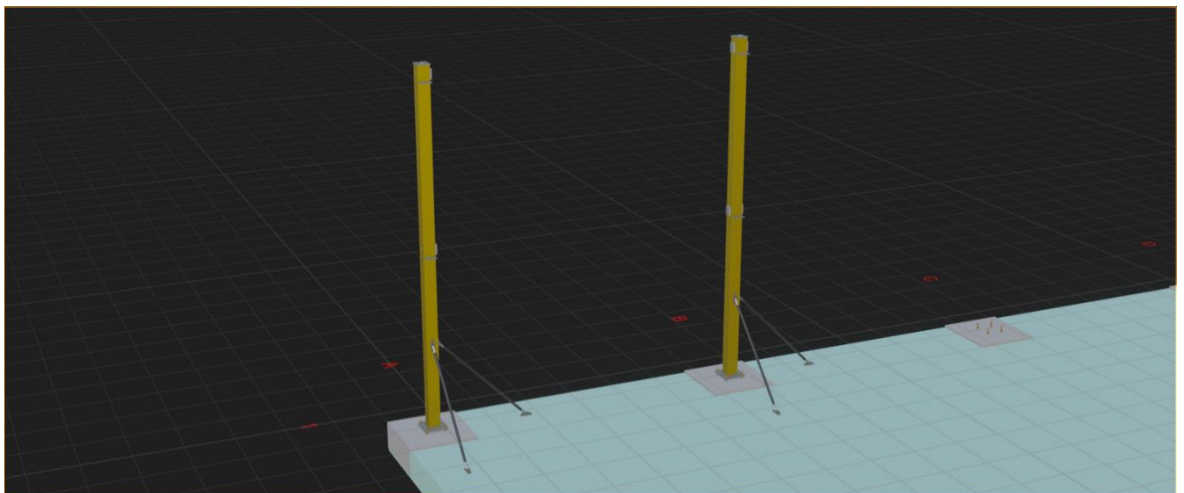
Seuraavassa osiossa käydään päälisin puolin otsikon mukainen asennusjärjestys. Päävaiheet oli käyty läpi palaverissa ja yksityiskohdat lisätty Ruukin ohjeiden pohjalta. Vaikka visualisaatiossa kaikki asiat eivät tule yksityiskohtaisesti suoraan esille, ne on lähinnä tulevana apuna hahmottamaan kyseiset asiat paremmin ja esittämään pääpiirteittäin. Kaikkia tietoja ei ole otettu mukaan, vaan vain lähinnä visualisaation kannalta oleelliset asiat. Kuvassa 8 näkyy laataston 3D-malli kokonaisuudessaan.



Kuva 8. Laatasto.

3.2.1 Kahden ensimmäisen pilarin asennus ja väliaikainen tuenta

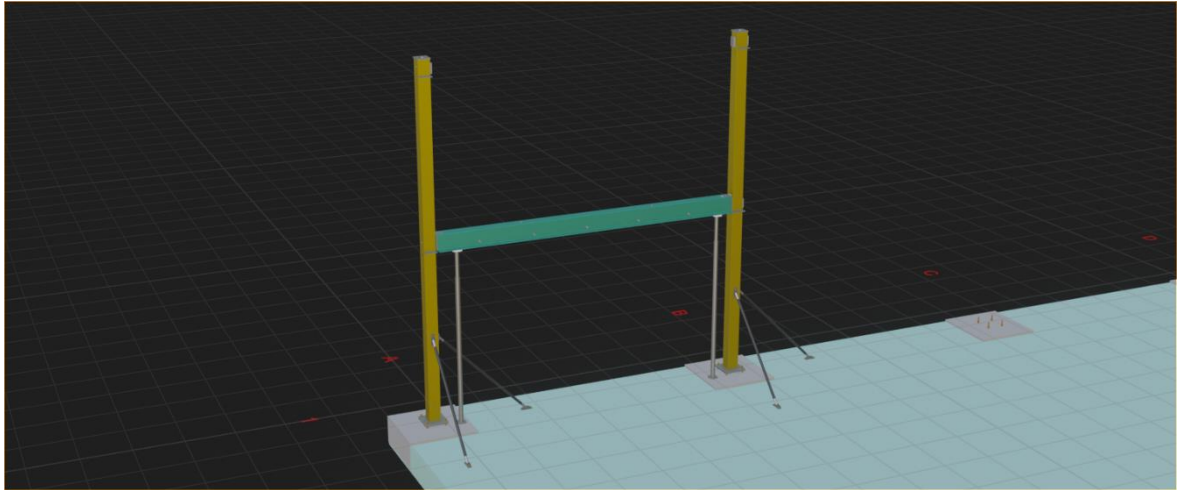
1-linjalle asennetaan kaksi pilaria, jotta ensimmäisen wq-palkin asentaminen on mahdollista niiden välille. Kun pilari on nostettu paikalleen, kiristetään pulttiliitokset ja asetetaan paikalle väliaikainen tuenta kahdesta suunnasta. Ensimmäisen kerroksen väliaikainen tuenta voi vaihdella riippuen siitä, onko ensimmäinen kerros valettu vai soraa, mutta tässä tapauksessa se on valettu. Liitokset pitää ensiksi lukita, ennen kuin voi asentaa väliaikaisen tuennan. (Jensén 2020; Sepponen 2020.) Kuvassa 9 on asennetut kaksi ensimmäistä pilaria.



Kuva 9. Laataston pilarit ja tuenta.

3.2.2 WQ-palkin asennus, lukitseminen ja holvituet

Palkki asetetaan paikalleen nosturilla pilarin kylkeen konsoliliitokseen ja päälle hitsataan palkin ja pilarin väliset lukituslevyt. Konsoliliitoksessa on pilarin sivussa päätylevyllinen putkiprofiili, jonka päälle asetetaan palkin lovettu päätylevy. Lukituslevyt hitsataan heti paikalleen palkin asennuksen jälkeen, minkä jälkeen saa vasta asentaa holvituet ja lattialaatat. Liitostavat vaihtelevat kohteesta riippuen, esimerkiksi tehdäänkö liitos betoniseinän päälle vai kylkeen. (Ruukki 2018.) Kuvassa 10 on asennettu ja tuettu wq-palkki.

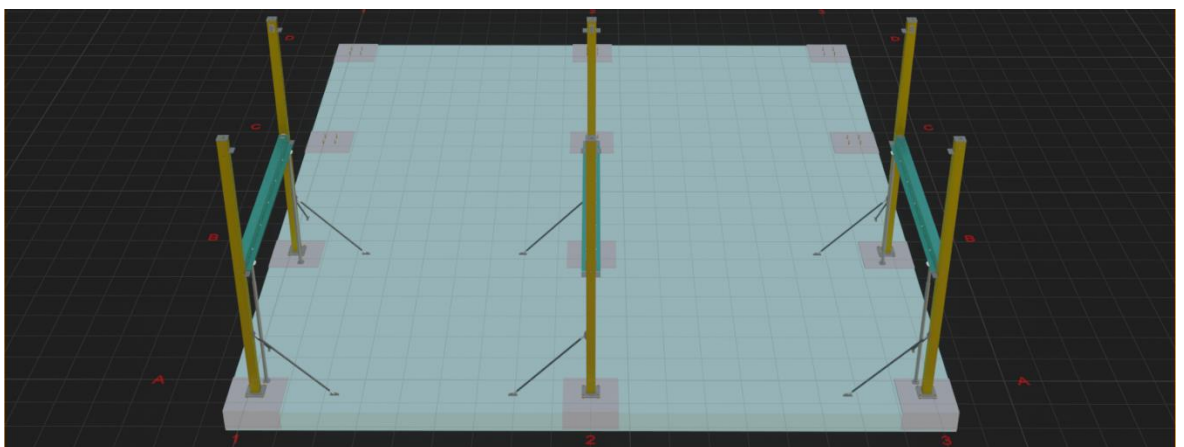


Kuva 10. Laataston wq-palkin asennus.

Holvitukia ei käytetä palkin taipuman estämiseen, vaan tarkoituksena on estää palkin vääntyminen. Holvituet asennetaan lähelle palkin päätyä kuormitetulle puolelle. Holvituet tulee asettaa rakennesuunnittelijan ohjeiden mukaan kiinnittäen huomiota esikorotettuihin palkkeihin ja epätasaiseen kuormitukseen. Holvituilla ei saa estää esikorotettujen palkkien taipumaa. Liitokset pitää olla lukittuna ennen holvitukien asentamista. (Ruukki 2018.)

3.2.3 Aikaisemman toisto B- ja C-linjoille

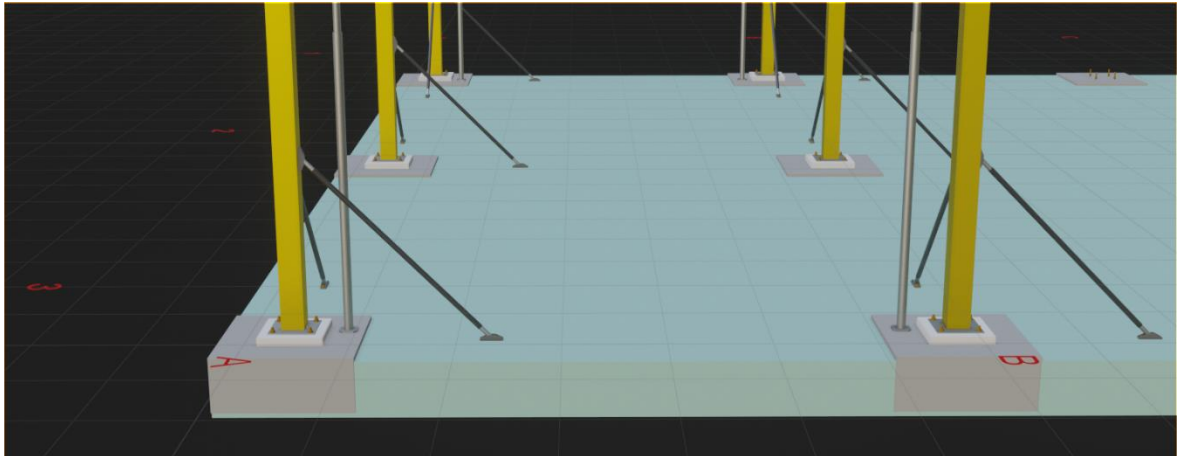
Seuraavaksi nostetaan paikalleen kahdet ensimmäiset pilarit myös 2- ja 3-linjalle, 1-linjan tapaan ennen ontelolaattojen asentamista. Tällöin saadaan kerralla ontelolaatat kokonaan A- ja B-linjojen välille. (Jensén 2020; Sepponen 2020.) Asennetut pilarit ja wq-palkit näkyy seuraavilla linjoilla kuvassa 11.



Kuva 11. Laataston aikaisempien vaiheiden toisto.

3.2.4 Pilareiden alusvalu

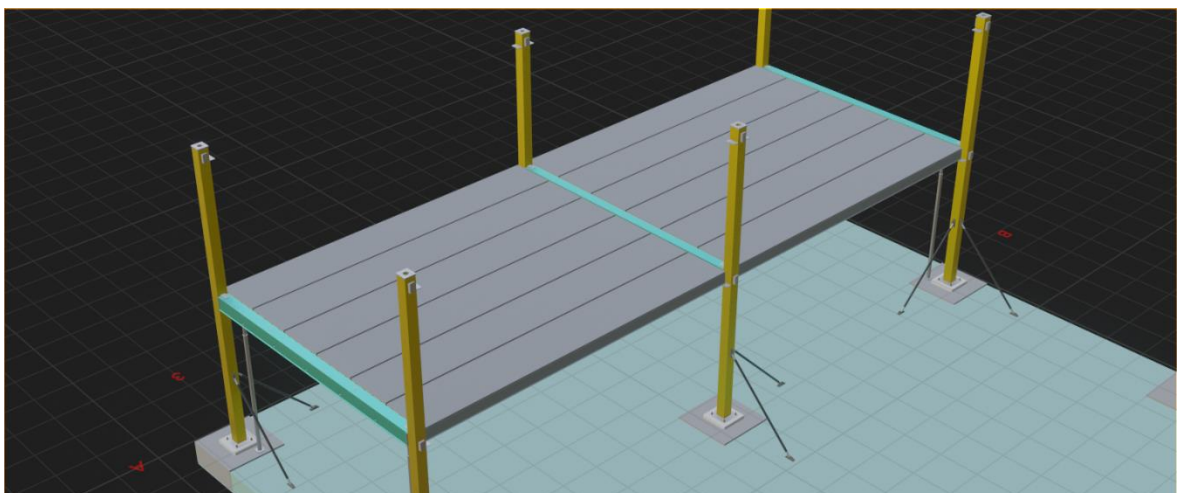
Ennen ontelolaattojen asentamista pilarien alusvalu pitää tehdä ja odottaa, jotta betoni saavuttaa vaaditun lujuuden suunnitelmien mukaan. Liitokset pitää olla lukittuna ennen valua. (Jensén 2020; Sepponen 2020.) Kuvassa 12 näkyy alusvaletut pilarit.



Kuva 12. Laataston pilarien alusvalu.

3.2.5 Ontelolaattojen asennus

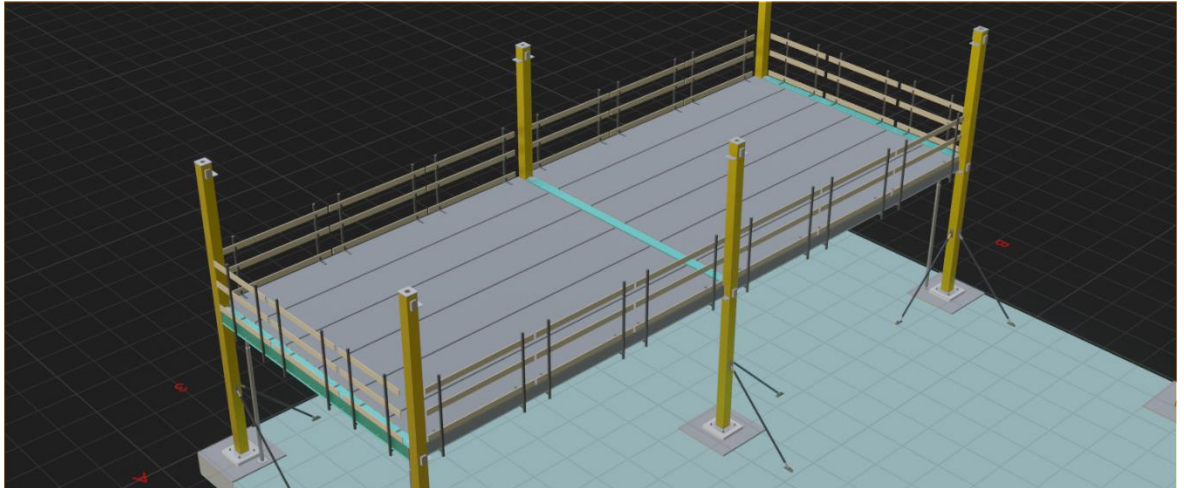
Ontelolaattojen asennus tapahtuu vasta, kun liitokset on lukittu ja palkit tuettu suunnitelmien mukaan. Ontelolaatat asennetaan vuorotellen puolelta toiselle wq-palkkien väännön vähentämiseksi. (Ruukki 2018.) Kuvassa 13 on asennetut ontelolaatat wq-palkkien väleissä.



Kuva 13. Laataston ontelolaattojen asennus.

3.2.6 Porraskuilu ja putoamissuojaus

Turvallisuuden lisäämiseksi asennetaan porraskuilu ontelolaatoille ja putoamissuojat ympärille. Putoamissuojat pitää asentaa valjaiden kanssa. (Jensén 2020; Sepponen 2020.) Asennetut putoamissuojat näkyvät kuvassa 14.

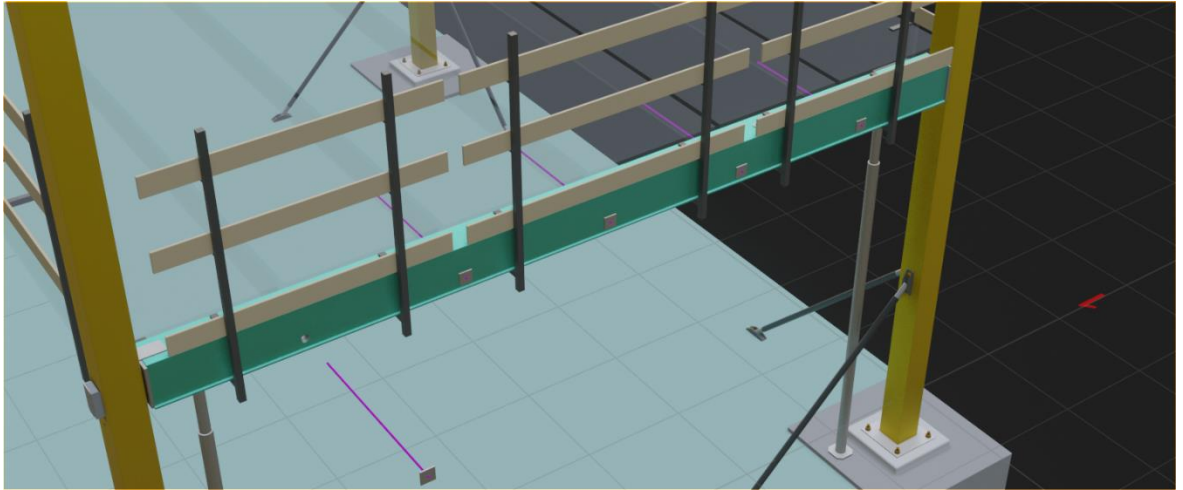


Kuva 14. Laataston putoamissuojan asennus.

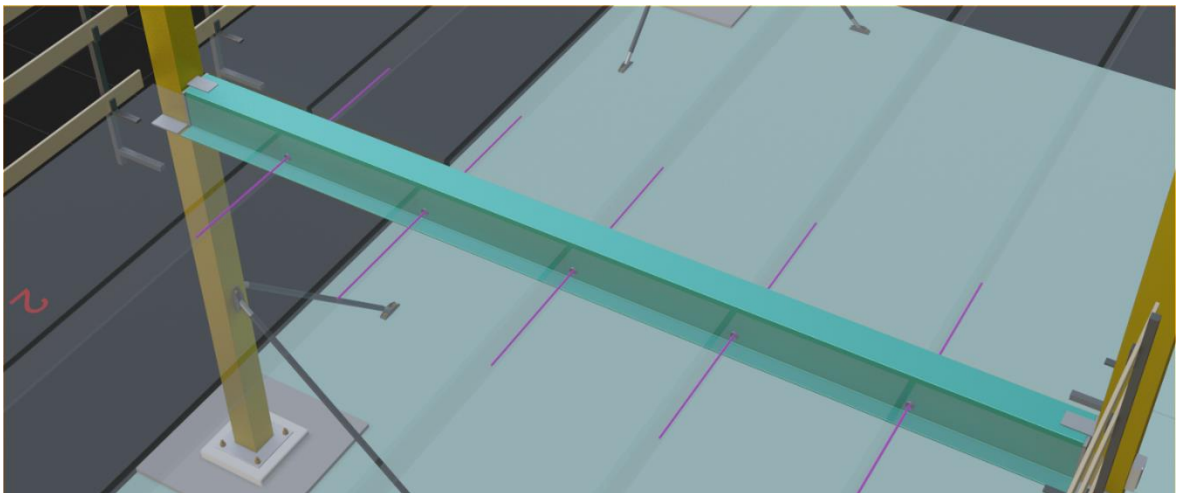
3.2.7 WQ-palkkien raudoitus

Raudoituksien yhteydessä pitää tarkistaa, että ne ovat suunnitelmien mukaiset ja etteivät ne liiku asennuksen jälkeen. Reunapalkin raudoitus asennetaan putkien lävitse palkin uumassa asettuen ontelolaattojen saumaan. Reunapalkkien raudoitus lukitaan joko hitsillä tai pultilla, joka toimii samalla vääntölukkona reunapalkeissa tai epäkeskisesti kuormitetuissa palkeissa. Keskipalkin raudoituksessa sijoitetaan rauta ontelolaattojen saumasta uuman putkien lävitse. (Ruukki 2018.)

Keskipalkkien ja reunapalkkien raudoitukseen on useampi ratkaisu eri tapauksissa, mutta visualisaatioon käytetään yksinkertaista havainnollistavaa esimerkkiä. Koska jokaisen useamman menetelmän yksittäinen visualisointi vaatisi melkein oman toteutuksensa, ne sopisi enemmän jatkokehityksen puolelle. Kuvissa 15 ja 16 on raudoituksien sijainti.



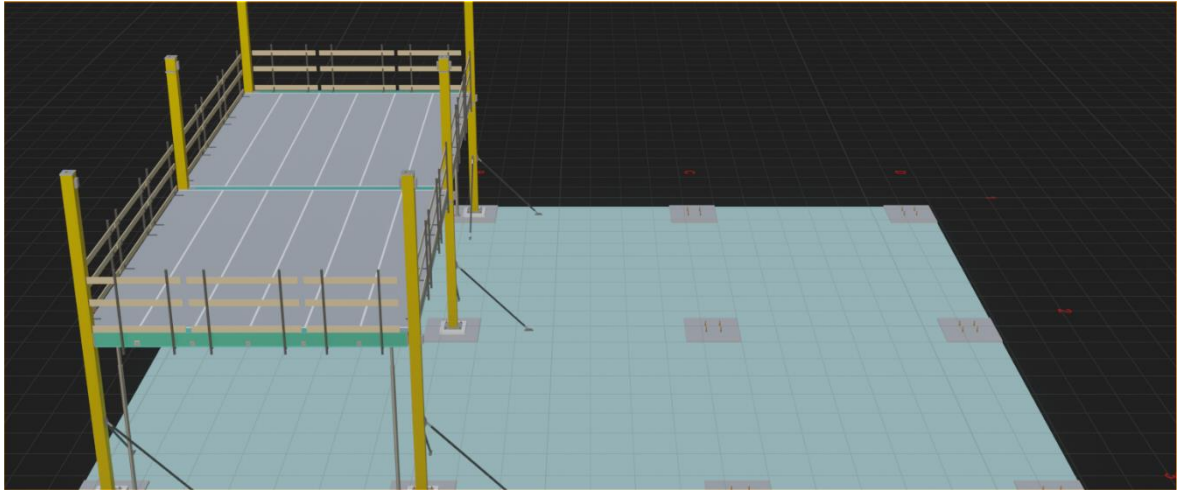
Kuva 15. Laataston saumaraudoitus.



Kuva 16. Keskispalkin raudoitus.

3.2.8 Ontelolaattojen betonivalu

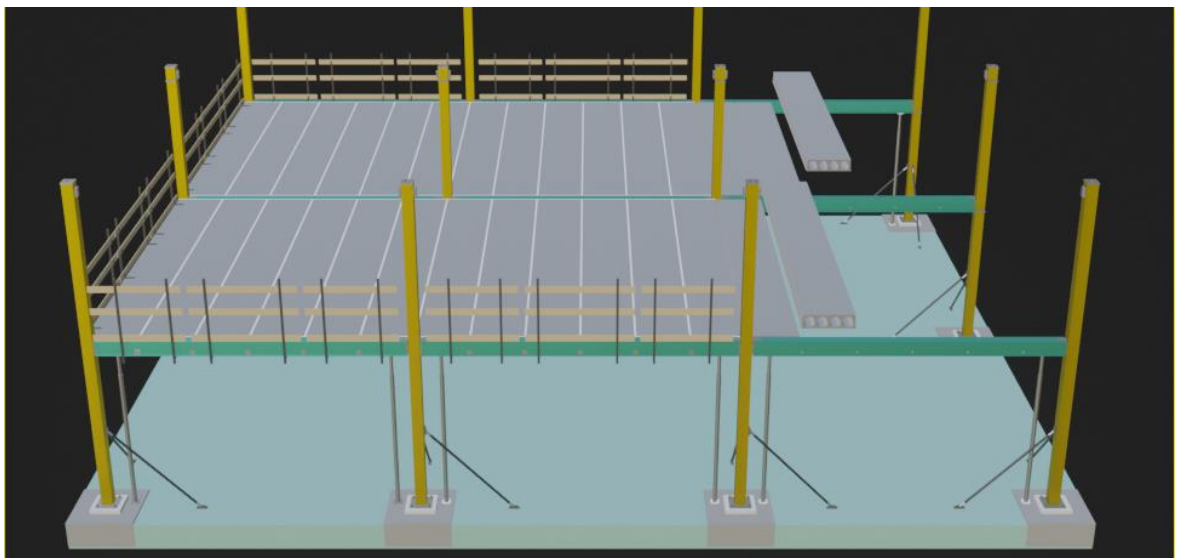
Ennen valamista ontelolaatat pitää siistiä, ettei niiden sisällä ole sinne sopimatonta tavaraa. Tarkistetaan, että muotit ja raudotteet eivät liiku valamisen aikana ja ne ovat suunnitelmien mukaiset. Tarkistetaan ja varmistetaan, että muotit ja raudotteet ovat täynnä betonia ja mahdolliset valumat teräspinoille puhdistetaan. (Ruukki 2018.) Varsinaisen valuun yksityiskohtiin ei perehdytä, mutta edelliset kohdat voidaan tuoda esiin visualisaatiota varten. Betonivalu näkyy vaaleampana ontelolaattojen saumojen välissä kuvassa 17.



Kuva 17. Ontelolaattojen betonivalu.

3.2.9 Seuraavan linjan pilarit ja loppujen toisto samalla periaatteella

Kun ontelolaattojen betonivalu on valmistunut, aikaisempien vaiheiden toisto voidaan suorittaa seuraaville kentille. Pilarien asennus tehdään kolmannelle linjalle ja palkkien asennus väliin. Ennen seuraavien ontelolaattojen asennusta putoamissuojat otetaan sisemmästä reunasta irti ja siirretään seuraavalle linjalle, kun seuraavien ontelolaattojen asennus on valmista. Vaihtoehtoisesti ontelolaattojen betonivalun voi suorittaa vasta sitten, kun ensimmäisen tason ontelolaatat on asennettu ja raudoitukset lisätty. (Jensén 2020; Sepponen 2020.) Kuvassa 18 näkyy asennuksen toisto ja ontelolaattojen vuorotteleva asennusjärjestys.



Kuva 18. Laataston vaiheiden toisto.

4 VISUALISOINNIN TOTEUTUS

Toteutuksessa on käytetty Ruukilla Teklassa tehtyjä malleja, joista on muokattu soveltuvat ifc-versiot tiedoston kääntöä varten soveltuen Blenderille. Työstämiseen on käytetty Teklan versioita 2017i ja 2019, mutta myös Blenderi 2.80 ja 2.82 versioita. Käytännön eroa opinnäytetyön aikana työstämisessä eri versioiden välillä ei tullut vastaan.

Teräshallin asennuksen visualisaatiota varten oli käytetty vanhempaa Teklan malliversiota konseptihallista, ja se soveltui asennusanimaatiota varten paremmin, koska kyseinen halli oli sopiva esittämään suoraviivaisen animaation teräsrungon asennuksen vaiheista.

Laataston visualisaatiota varten Ruukilla tehtiin oma Teklan malli pelkästään tätä yksityiskohtaisempaa animaatiota varten. Tässä visualisaatiossa varta vasten haluttiin esittää kyseisten vaiheiden yksityiskohdat, jotka mainittiin aikaisemmassa laataston asennusjärjestyksen osiossa. Samalla tärkeäksi kohdaksi tuli työturvallisuuden havainnollistaminen.

4.1 Huomioitavat asiat

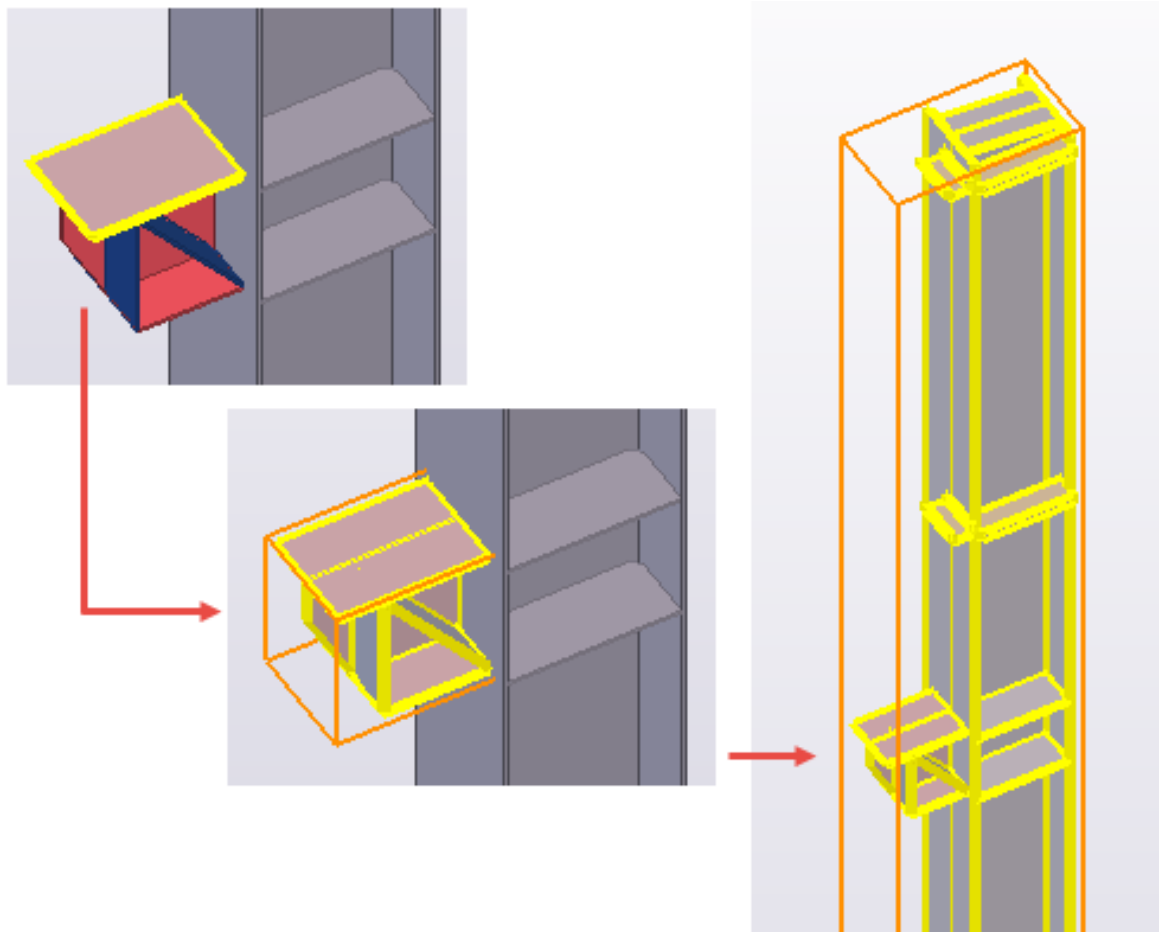
Yleisimmät 3D-mallinnus- ja visualisointiohjelmat eivät käsittele mallin dataa aivan samalla tavalla kuin Tekla. Tiedoston käännessä ifc-tiedostomuodosta toiseen muotoon oli rajoitteita ja tiettyjä asioita, mitä piti ottaa huomioon. Näin pyrittiin visualisaatioiden työstämisaikaa lyhentämään mahdollisimman paljon, mikä tuli oleelliseksi asiaksi, jotta visualisaatiota pystytään hyödyntämään teräsrakenneprojekteissa jatkokehityksen kannalta mahdollisimman hyvin. Tästä asiasta kerrotaan tarkemmin viimeisessä osiossa kohderyhmien puolesta.

Ifc-tiedosto itsessään sisältää kattavan määrän dataa rakenteista ja niiden ominaisuuksista. Kaikkia ifc-tiedoston sisältyvää dataa ei tarvita visualisaatiota varten, mutta tärkeimmät pitää pystyä hyödyntämään.

4.1.1 Teklan ja Blenderin keskeinen vuorovaikutus

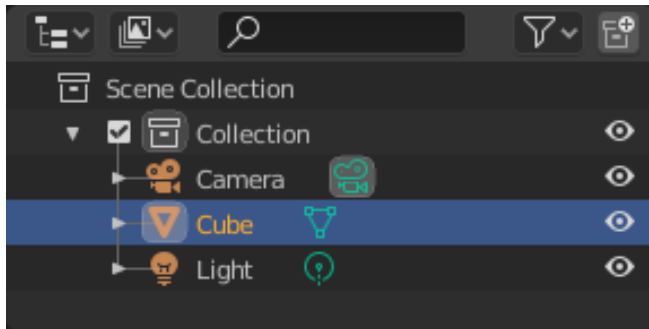
Kyseiset vuorovaikutukset toimivat myös osaksi muiden 3D-ohjelmien kanssa vastaavalla periaatteella ja Teklan välillä, mutta pääasiassa keskitytään näyttämään Blenderillä, miten muutettua ifc-tiedostoa voidaan soveltaa.

Assembly, Welds ja Outliner hierarkia. Teklassa profiilien ja teräsosien ryhmittely tehdään käyttäen Assembly- tai Weld-työkaluja (Tekla Structures support: hakusana create assemblies 2019). Näiden avulla pystytään kasamaan eri osista yhtenäinen kokonaisuus eri tarkoituksia, kuten kokonaisuuden liikuttamista tai piirustusten luontia varten. Assemblyja voi myös liittää sisäkkäin toisiinsa ja koota kokonaisuuden kutsuen sitä Assembly-hierarkiaksi. (Tekla Structures support: hakusana assembly hierarchy 2019.) Kuvassa 19 on esimerkki yksittäisestä assemblysta ja assembly kokonaisuudesta.



Kuva 19. Assembly Hierarchy. (Tekla Structures support: hakusana assembly hierarchy 2019.)

Blenderissä vastaava ryhmittely tehdään Outlinerin avulla, joka on lista organisoidusta datasta, jonka avulla voi hallita koko projektin hierarkiaa. Outliner näyttää suurimman osan projektin datasta, kuten 3D-mallin osat ja sen hierarkian, valaistuksen, komponentit, kameran jne. (Blender 2.82 Manual: hakusana outliner, [viitattu 3.3.2020].) Kuvassa 20 näkyy kolme erityyppistä objektiä yhden hierarkia ryhmän alla.

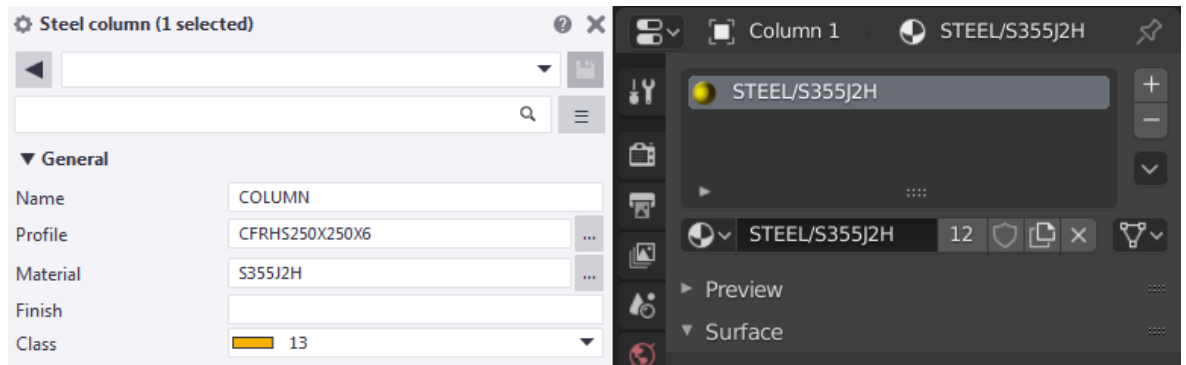


Kuva 20. Blender Outliner. (Blender 2.82 Manual: hakusana outliner, [viitattu 3.3.2020].)

Tavallaan Blenderin Outlinerin hallinta ajaa samaa asiaa kuin mitä Teklan Assembly-työkalulla voidaan tehdä. Rakenteiden mallinnuksen aikana Assembliesin avulla pystytään helposti liikuttamaan ja kopioimaan kokonaisuuksia kerralla, kuten esimerkiksi ristikko-elementtejä. Samaa tarkoitusta ajaa Outlinerin käyttö, missä muut osat on ryhmitelty hierarkisesti pääosan alla. Teklassa lisätään muut osat Add to Assembly -pääosan alle.

Class ja Material. Teklassa Classilla määritetään ryhmille tunnisteet, joihin liittyy mukana numero ja osien väri. Teklan Materiaali määrittää, mistä aineesta osa on tehty. (Tekla Structures support: hakusana class 2020.) Blenderissä Materiaali tarkoittaa osan pinnan ulkonäköominaisuuksia, mm. väriä, heijastavuutta, läpinäkyvyyttä, kuviointia jne. (Blender 2.82 Manual: hakusana material, [viitattu 6.3.2020].)

Teklassa määriteltyä Classin väriä käytetään Blenderissä pinnan värinä, ja Teklassa määritelty Materiaali muuttuu Blenderin Materiaalin nimeksi. Muuttamalla jompaa kumpaa arvoa Teklassa luo uuden Materiaaliryhmän niiden osien kesken, jotka jakavat kyseiset arvot. Kuvassa 21 on esimerkki, kuinka Teklan profiilien arvot kääntyvät tiedoston formaatin muuttamisen yhteydessä Blenderin Materiaalien arvoiksi.

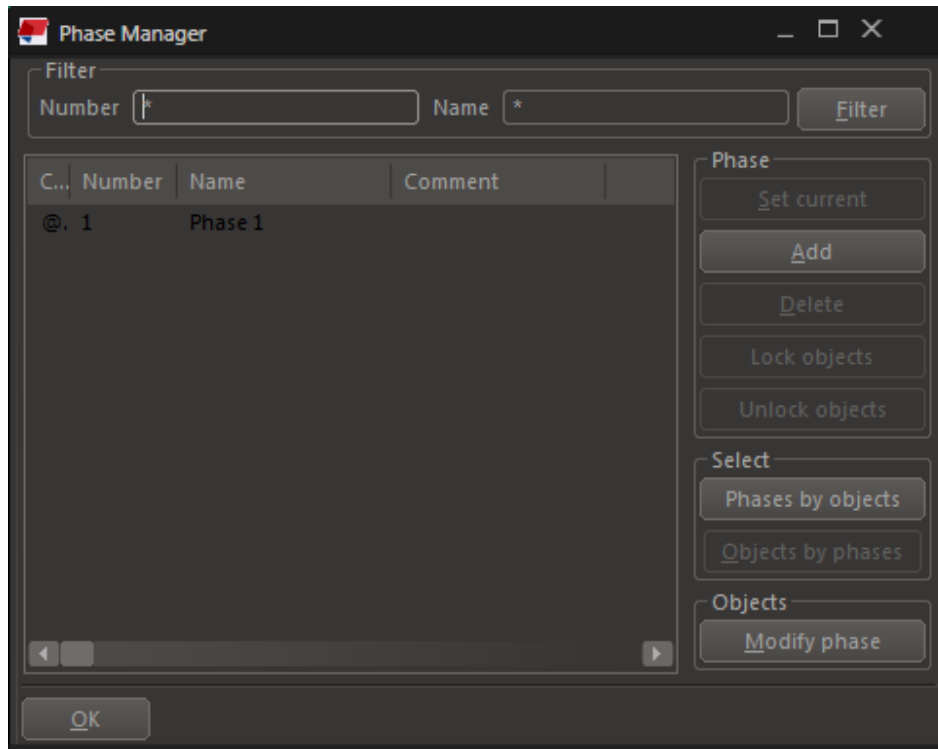


Kuva 21. Teklan Profile properties ja Blenderin Material properties.

Muut Materiaalien arvot pysyvät Blenderissä perusarvoina, ja niitä muokkaamalla voidaan määrittellä visualisoinnin tyyliä joko näyttävään markkinointikäyttöön tai havainnollistavaan ohjeistamiseen. Blenderissä visualisointia varten voi luoda valmiin materiaalikirjaston, jota pystyttäisiin käyttämään usean projektin välillä.

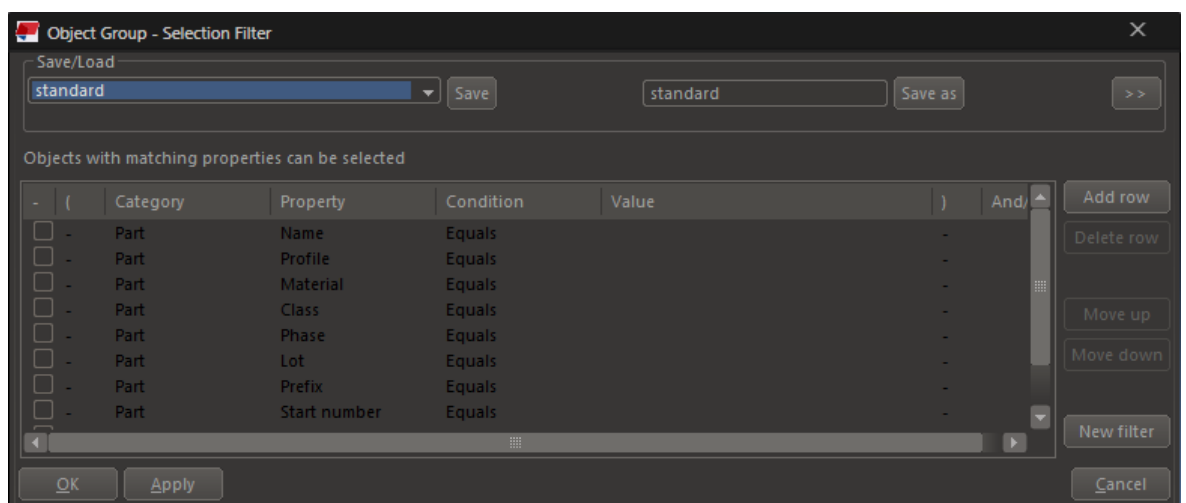
Blenderissä voidaan Materiaalien avulla filteröidä objektien valintoja, joten Teklassa Classien määrittelemisellä voidaan helpottaa pohjatyöstämistä Blenderissä. Vaikka muuten jotkut osat voisivatkin olla samoja Materiaaleja, joskus ne on hyvä erotella toisistaan, jos vaikka visualisaatiota varten pitää jakaa ryhmiin. Classien määrittämisellä ryhmien tekoa voidaan nopeuttaa huomattavasti ilman manuaalista valitsemista, jos Teklan mallin tuo yhtenä kokonaisuutena.

Phase Manager ja Selection Filters. Teklan Phase Managerilla voidaan rikkoa malli eri osastoihin, kuten esimerkiksi asennuksen lohkoihin tai objektien valitsemiseen ja piilottamiseen mallissa Selection Filtereiden avulla. Esimerkiksi pilarien assemblyille voidaan määrittää oma phasensa Phase Managerissa ja Selection Filterillä käyttää phaseja kaikkien pilarien Assemblyjen valitsemiseen kerralla koko mallissa. Kuvassa 22 on Phase Managerin käyttöliittymä, jossa voidaan luoda uusia phaseja ja määrittellä mitkä objektit niihin kuuluvat.



Kuva 22. Tekla Phase Manager.

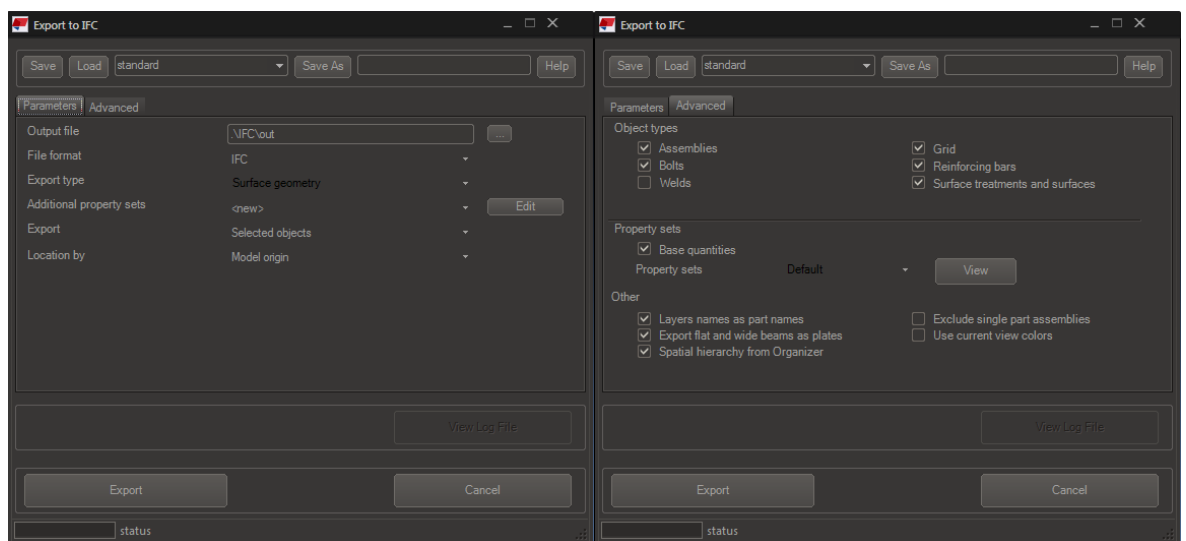
Tämä on hyödyllinen vaihtoehto ja työkalu siinä tapauksessa, jos Classien muuttamisen sijaan haluaa ryhmitellä mallin objektit toisella tavalla. Phase Managerilla sen voi tehdä vaikuttamatta liikaa projektin määrittäisiin. Teklan mallin viemisessä ifc-tiedostoksi voidaan siirtää vain valitut mallin osat Selection Filterien avulla. Myös jos on ennalta suunniteltu, että mallia tullaan päivittämään projektin edetessä. Tällä tavoin voidaan lisätä ja muuttaa alueita mallissa Blenderin puolella korvaamatta kaikkia kerralla. Kuvassa 23 on Selection Filterin käyttöliittymä, jolla voidaan valita useita objekteja kerralla niiden ominaisuuksien perusteella.



Kuva 23. Tekla Selection Filter.

4.1.2 Mallin vienti ifc-tiedostomuotoon

Teklan malli muutetaan sen omalla Export to IFC -toiminolla, joka löytyy File valikon kautta. Tarvittaessa voidaan vain viedä valitut objektit ifc-tiedoston mukana Selection Filtereitä apuna käyttäen, ja lisäksi voidaan valita, mitä osia valinnoista halutaan ottaa mukaan. Huomiona on kuitenkin se, että jos halutaan hitsaukset ottaa mukaan, Assemblyn käytön sijaan objektien ryhmittelyssä pitää käyttää Weld-työkalua. Kuvassa 24 on Export to IFC -toiminnon käyttöliittymä ja käytetyt asetukset ifc-tiedoston vientiin.



Kuva 24. Tekla Export to IFC.

4.1.3 Ifc-tiedoston käsittely ja tuonti 3D-ohjelmaan

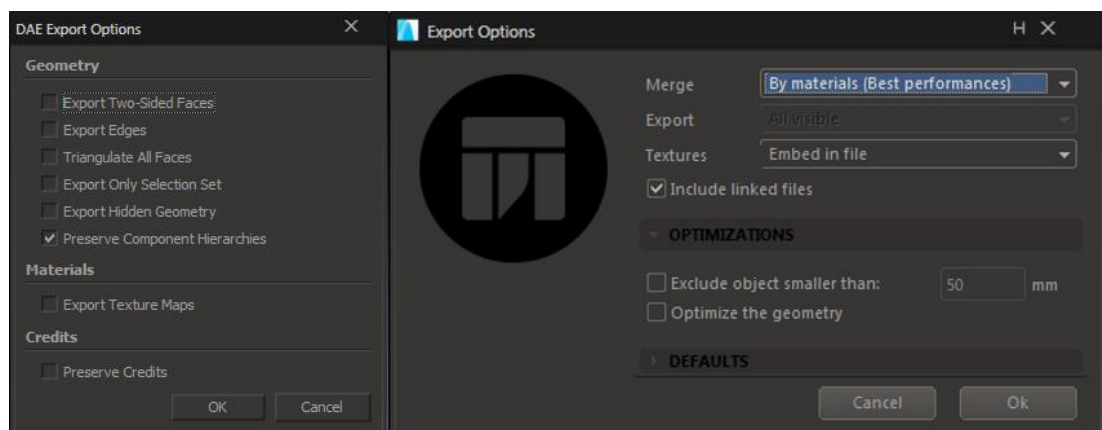
Ifc-tiedoston käsittelyyn on olemassa monenlaisia ohjelmia sen esikatselua varten, kuten Trimble Connect, tai mallin suoraan muokkaamiseen, kuten Sketchup ja Archicad. Kahdella jälkimmäisellä ja IfcOpenShell-ohjelmilla on kuitenkin mahdollista myös kääntää ifc-malli toiseen tiedostomuotoon, mitä muut 3D-visualisointiin soveltuvat ohjelmat pystyvät käyttämään, kuten Blender.

Ongelmana tosin ifc-tiedoston kääntämisessä toiseen muotoon, kuten obj-, dae-, tai fbx-formaattiin on se, että kokemuksien pohjalta kääntävä ohjelma saattaa jättää jotain pois tai muuttaa prosessin tiettyjä asioita huomattavasti. Tietenkin eri tiedostomuodoissa on omat rajoitteensa, jotka pitää ottaa niiden valinnassa ja käyttötarkoituksessa huomioon.

Myös haasteena on, että joissakin ohjelmissa, mihin ifc-malli voidaan aukaista, on omat asetuksensa, miten kyseistä tiedostosta hyödynnetään. Lisäksi vielä tallennusvaiheessa voi valitusta tiedostomuodosta riippuen päättää, kuinka ifc-mallia käsitellään sen muuttamisessa toiseen formaatiin. Riippuen ohjelmasta nimeäminen tapahtuu automaattisesti tai voi päättää, mitä logiikkaa siihen käytetään.

Esimerkiksi Trimble Sketchup dae-tiedostomuodon tallentamiseen vaikuttaa se, miten objektien geometria exportoidaan. Vastaavaa mahdollisuutta ei ollut Archicadissa, mutta fbx-tiedostomuodolle ohjelma tarjosi omat asetuksensa.

Trimble Sketchup tarjosi componentien hierarkian säilyttämisen dae-tiedostomuodon tallennukselle, mutta Sketchupin luomaa hierarkiaa ei pystynyt hyödyntämään Blenderissä visualisoinnin työstämisessä. Vaikka Archicadin fbx-tiedoston exporter-asetukset eivät tarjoa erikseen hierarkian hallitsemiseen valintoja, se osaa tallentaa paljon toimivamman hierarkian jatkotyöstämistä varten. Tosin tuosta huolimatta Archicad ei onnistunut muuttamaan Assemblyjä sopivaan hierarkiseen muotoon. Kuvassa 25 on Sketchup DAE Export ja Archicad FBX Export asetusten käyttöliittymät.



Kuva 25. Sketchup DAE Export options ja Archicad FBX Export options.

Vaihtoehtoisesti Archicad exporterissa pystyi osat yhdistämään toisiinsa materiaalien mukaan, jolla periaatteessa pystyisi Assemblyt pitämään yhdessä, mutta vaatii Teklassa kyseisten Assemblyjen materiaalien muokkaamisen ja jatkotyöstämisen Blenderissä. Joten tilanteesta riippuen Phase Managerin käyttö voisi olla kuitenkin nopeampi tapa, ja tallentaa fbx ilman osien Mergeä materiaalien mukaan.

4.2 Visualisointi

Vaikka aikaisemmissa kohdissa käytiin jo Teklassa ja Blenderissä huomioitavat asiat, kyseisten asioiden merkitys tuli vasta selvitettyä visualisaatioiden työstämisen aikana. Niiden teossa tarkemmin tutkittiin, mitä Teklan mallissa pitää ottaa huomioon ja mitä muokkauksia tehdä, jotta mallia voitaisiin paremmin hyödyntää visualisaatiossa jatkokehitystä ajatellen.

Seuraavissa vaiheissa ei varsinaisesti käydä läpi koko prosessia vaihe vaiheelta, mutta lähinnä perehdytään asioihin, joissa tuli selvitettyä, miten Teklan pohjatyöstämisellä olisi saanut vaikutettua. Lopuksi tehdyistä animaatioista ja visualisoinnista luotiin kuvia ja videoita.

4.2.1 Teräshallin rungon asennusjärjestys ja laataston visualisointi

Alunperin teräshallin Teklan mallista luotua ifc-tiedostoa muutettiin obj-formaattiin IfcOpenShell-ohjelmalla, ja tuosta formaatista puuttui osien hierarkia kokonaan. Myös muiden osien nimeytys ei ollut profiilien tunnuksia vastaava. Tavallaan Teklan mallin osat ”räjähtivät” muuntamisen aikana ja ohjelma ei tunnistanut niitä enää omana ryhmänä, vaan erillisinä osina. Tätä ei aikanaan sen enempää tutkittu ja tekniset yksityiskohdat taustalla olivat vielä pimennossa.

Teräshallin rungon asennusjärjestyksen työstämisen yhteydessä asiaan perehdyttiin enemmän. Silloin selvisi Wavefrontin obj-tiedostomuodon rajoitteet hierarkien puuttumisella kokonaan. Obj-tiedostosta hierarkian puuttumisella ja profiilien oikealla nimeämisellä ei ollut niin paljon merkitystä alkuperäisessä aikaisemmin kesän aikana luodussa markkinointikäyttöön tarkoitetussa visuaalisatiossa. Silloin varsinaisessa visualisaatiossa ei tarvinnut hierarkian puuttumista ja osien nimien tunnisteita ottaa erikoisemmin huomioon.

Teräshallin rungon animaatiota varten joutui Assemblyjen kokoamisen tekemään uusiksi Blenderin Outlineriin filteröiden ja rajaten objektit materiaalien ja tunnuksien mukaan. Tavallaan Assemblyjen uudelleen kokoaminen Outlineriin Blenderissä oli turhaa toistamista ja olisi ollut käytännöllisempää saada pidettyä ne yhdessä ifc-tiedoston muuntamisen aikana.

Teräshallin rungon animaatio ei sisältänyt varsinaisia vaiheita osien asentamisesta, mutta lähinnä se esitti asennusjärjestyksen yksinkertaisella animaatiolla vaiheittain. Isompaa huomiota ei kiinnitetty animaatioissa asennuksen suuntaan tai tapaan, vaan tarkoitus oli lähinnä antaa karkea idea asennuksen järjestyksestä.

Animaation luonnin nopeuttamiseksi pystyttiin käyttämään toistuvaa saman animaation kopioimista suurimmassa osassa kohdissa, mutta animaatioista jouduttiin tekemään kuitenkin lyhyempiä ja yksinkertaisempia variaatioita videon lyhentämiseksi. Tärkeää oli, että oikea käsitys asennusjärjestyksestä jäi katsojalle.

Siinä missä laataston animaation luominen vaati yksityiskohtaisempaa esittämistä osien suhteen, siihen joutui luomaan yksittäiset animaatiot suurimmalle osalle kohtia. Tämän tyyppisessä työstämisessä on hyvä olla suunniteltuna etukäteen, mitä halutaan näyttää ja millaiseen tarkoitukseen animaatio tulee.

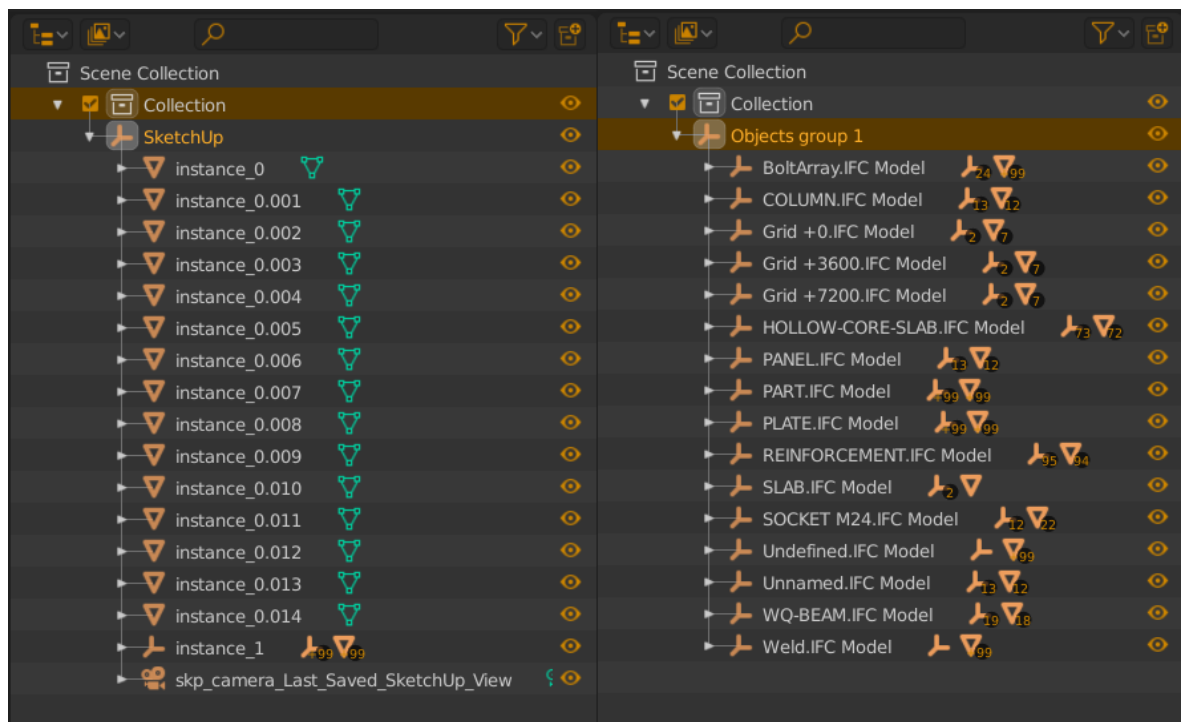
Laataston visualisoinnissa oli tarvetta mallintaa lisäksi yksityiskohtaisemmat 3D-mallit väliaikaisista tuista ja puuttuvista putoamissuojista. Työstämisen aikana molemmista kohteista tuli tehtyä useampi versio, joissa käytiin läpi toimivinta tapaa esittää tarvittavat vaiheet.

Animaation työstämisen edetessä muokattiin materiaalien arvoja ja ympäristön valaistusta. Etenkin laataston visualisaatiossa joutui myös materiaalin ominaisuuksia animoimaan, jotta pystyttiin esittämään hitsaus ja raudoittaminen ilman erillistä tekstiä.

4.2.2 Laataston visualisoinnissa erikseen huomioitavat asiat

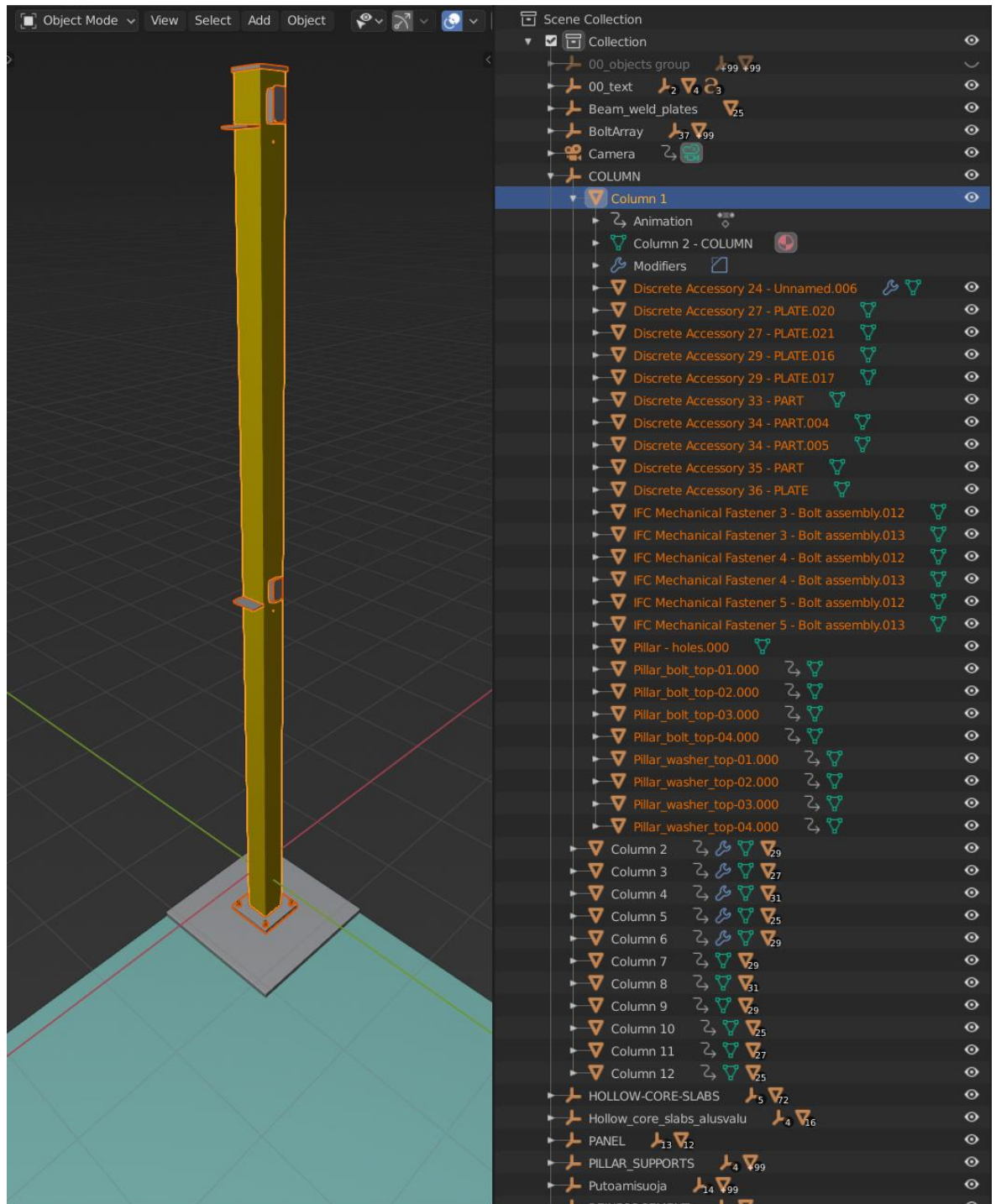
Teräshallin rungon asennusjärjestyksestä opittujen asioiden jälkeen laataston ifc-tiedoston muuttamiseen lähdettiin testaamaan vaihtoehtoisia saatavilla olevia ohjelmia tiedoston kääntämiseen toiseen formaattiin. Jotta mallin työstämistä pystyttäisiin nopeuttamaan, koitettiin vaihtoehtoisesti dae- ja fbx-formaattia.

Saatavilla oleva ohjelma ifc- ja dae-tiedostomuodon käsittelyyn löytyi Trimple Sketchup parista, mutta selvisi ettei sekään pystynyt pitämään assemblyjen hierarkiaa koossa. Vielä saatavilla oli SeAMKin kautta opiskelijaversio Archicad-ohjelman käytöstä, jonka avulla saatiin fbx-formaatin kautta alustava hierarkia säilytettyä. Tosin assemblyjen hierarkia ei tullut tästä huolimatta mukana, vaan Archicad jaotteli kaikki profiilit luokkakohtaisesti. Kuvassa 26 näkyy Blenderissä Outlinerin hierarkiaerot Sketchup dae- ja Archicad fbx-tiedostomuotojen välillä.



Kuva 26. Sketchup dae:n ja Archicad fbx:n luoma hierarkia.

Tämä kuitenkin pystyisi antamaan lähtökohtaisesti paremman aloituksen pohjatyön valmistelemiseen, ja myös profiilien nimeäminen vastasi tarkemmin Teklassa määriteltyihin osiin. Tästä pystyisi selkeämmin manuaalisesti kokoamaan animaatioon ja visualisaatioon kelpaavan hierarkian. Tuosta IfcOpenShellin pohjalta luotu esimerkki toimivasta hierarkiasta assemblyille löytyy kuvasta 27.



Kuva 27. Blenderissä pilarin osien ryhmittely Outlinerissa.

5 TULOKSET, KOHDERYHMÄT, JATKOKEHITYS JA HAASTEET

Toteutuksien edetessä ja visualisointien alustavien versioiden valmistuttua aluksi käytiin pienemmässä porukassa toteutuksen vaiheita ja ensimmäisten versioiden lopputuloksia läpi. Tässä vaiheessa tuotiin esille haasteet ja niiden ratkaiseminen, ja myös uusien vaatimusten soveltamista visualisointia varten.

Toteutukseen ensimmäisenä tehtiin visualisaatio teräshalli rungon asennuksesta ja ennen siirtymistä laataston mallin tekoon. Alustavina tarpeina teräshallin rungon asennuksen visualisointiin olivat suunnittelun vaiheet, asennusjärjestyksen näyttäminen eri osapuolille ja esitys asiakkaalle. Teräshallin rungon visualisaation toteutuksen edetessä tuli esille lisäksi vielä, että miten sitä olisi mahdollista hyödyntää ja jatkokehittää seuraavissa asioissa:

1. tahdistuksen esittäminen aikajanalla hankintaa ja logistiikkaa varten
2. rakenteiden meneminen työmaalle
3. asennusaikaisen tuennan havainnollistaminen.

Teräshallin rungon animaatioon kuitenkin kyseisiä asioita ei enää lisätty, mutta asennusaikaista tuentaa haluttiin esittää sitten yksityiskohtaisemmassa laataston visualisaatiossa. Laataston toteutuksen edetessä haluttiin lisätä ja esittää putoamissuojauksen asennusvaiheet, jotka oli lisätty teoriaosuudessa asennusjärjestystä varten. Visualisaation esittämisestä muille kohderyhmille työturvallisuudesta tulikin jatkokehityksen kannalta merkityksellinen seikka väliaikaisen tuennan kanssa.

Muita jatkokehitystarpeita, joita tuli esille laataston visualisaation valmistuttua:

1. liittopilarien paloluokituksen esittäminen eri väreillä
2. kantavien poimulevyjen kantavuudet eri väreillä.

5.1 Kohderyhmät

Kohderyhmille esitettiin kolme erityyppistä visualisaatiota: kesällä aikaisemmin luodut markkinointikäyttöön tehdyt kuvat ja kamera-ajo kokonaisesta teräshallista kuorineen, teräshallin rungon asennusjärjestys sekä laataston yksityiskohtaisemmat asennusvaiheet. Näiden pohjalta käytiin keskustelua 3D-visualisaation soveltamisesta.

Seuraavassa vaiheessa esitetään muilta kohderyhmiltä ilmenneet ajatukset ja tarpeet, mutta myös heränneet kysymykset, jotka otetaan tarkemmin esille jatkokehityksen ja haasteiden näkökulmasta.

5.1.1 Tuotekehitys

Tuotekehityksessä tuli 3D-visualisaation hyödyntäminen esille uuden tuotteen tai ratkaisun esittämisessä suoraan asiakkaalle etenkin ensimmäisten projektien esittelyä uudella tuotteella ja sen lanseerauksesta laajemmin. Olisi erittäin hyvä sisäisesti, kun kerrotaan tuotteista ja pidetään koulutuksia. Visuaalisatiota voisi myös käyttää ideointivaiheessa havainnollistamaan ongelmaa ja ratkaisua. (Pada 2020.)

Tarjousvaiheessa visualisaatio on oivallinen tapa, periaatteet voisi näyttää tällä tavalla, vaikka ei projektikohtaisia esitystä tekisikään. Isoista hankkeista tehdään usein myös tarjousvaiheen Tekla-malli, ja visuaalisatiassa voidaan käyttää hyödyksi olemassa olevaa mallia työn edetessä, ja synkronoida visualisoitava malli työmallin kanssa. (Jäsperlä 2020.)

5.1.2 Asennus ja työturvallisuus

Isoissa kohteissa ja etenkin korkeissa logistiikkakeskuksissa asennusaikainen tuenta on ollut hienoinen haaste. Kun normaalit tuentaratkaisut, kuten ”tönärit” ja ”stempaukset” eivät riitä, on käytetty vaijerituenta asennusvaiheessa. Tämän esittäminen on välillä hankalaa, ottaen myös työmaan logistiset haasteet tässä huomioon. Melkoinen vaijeriviidakko on kyseessä pahimmassa vaiheessa, ja tärkeää on esittää, missä vaiheessa väliaikaisia siteitä voidaan poistaa ja mahdollisesti käyttää uudelleen asennuksen edetessä. (Jäsperlä 2020.)

Visualisaatio olisi hyvä lisä esim. aloituspalaveriin asentajien tai asennusryhmien kanssa siitä, miten työ on aiottu toteuttaa. Visualisointia voidaan myös käyttää apuna riskianalyysin tekemiseen parantaen mahdollisuuksia puuttua ongelmapaikkoihin ja tilanteisiin etukäteen. Näin saadaan parannettua myös työturvallisuutta ja riskianalyysin tekoa ennen kohteen asennuksen aloitusta, joten visualisoinnilla voidaan parantaa turvallisuutta. (Korteniemi 2020.)

5.1.3 Suunnittelu

Asennusjärjestyksen esityksessä näytetään kaikille osapuolille, miten rakenteet työmaalle menee. Tämä on erittäin hyvä työkalu, jos visualisoinnin yhteydessä näkyisi esimerkiksi aikataulussa reaaliaikainen etenemä samanaikaisesti karkealla tasolla. (Jäsperlä 2020.)

Paloluokitusten esittäminen, esimerkiksi R15 pilarit, R60 välipohjat ja niihin liittyvät rakenteet, osastoivat seinät, palomuuriseinät jne., eri väreillä olisi teräsrakenteissa yleensä hyödyllistä. Palosuojausmenetelmistäkin voisi olla esitys, tehdääkö osa eristämällä, osa palosuojamaalamalla jne. Monenlaisia variaatioita on jopa paloeristämisestä, jossa osa eristetyistä pilareista ja siteistä joudutaan mantteloimaan 3 metrin korkeuteen asti lattian tasolta. Myös kantavien poimulevyjen kantavuuksien esittämisessä, kinosaluiden lisälimityksissä ja tuplapeltikiinnityksissä tarvitaan havainnollistamista. (Jäsperlä 2020.)

Myös julkisivujen ja väliseinien sokkelit, seinäpaneelit ja mahdolliset betonielementtiseinät, jäykistävät kuilut, ikkunat, ovet, pieliteräkset laajuuden mukaan ja jopa vesikaton eristeet ja vesieristys voidaan havainnollistaa. Mallia voisi täydentää sitä mukaa, että laajuus olisi siinä selkeästi esitettynä. (Jäsperlä 2020.)

5.1.4 Muuta

Aiheiden valinnalla voitaisiin valita kohteet, joita pystyisi hyödyntämään useassa tilanteessa ja projektissa. kuten yleiset asennusohjeet, putoamissuojauksen asentaminen jne. Jos videon teko on helppoa ja nopeaa, näitä voisi tehdä myös projektikohtaiseksi markkinointimateriaaliksi. Samoin tietyn projektin asennusta, asennusjärjestystä, tarvittavaa tilaa ym. voisi esitellä asiakkaalle. Jos videon tekoon menee paljon aikaa ja rahaa, kannattaa valita aiheet, joita voidaan käyttää useassa tilanteessa ja projektissa. (Alanko 2020.)

5.2 Haasteet ja jatkokehitys

Kohderyhmien kommenttien ja palautteen perusteella jatkokehitys ja haasteet pystyttiin jakamaan useaan kategoriaan selkeyden vuoksi. Eniten kysymyksiä nousi esille visualisaatioiden toteutuksesta ajallisesti ja sen pohjalta, mihin tarkoituksiin niitä pystyisi hyödyntämään parhaiten. Eri visualisaatiotyyppien työnkulkua pystyttäisiin soveltamaan keskenään.

Toteutukseen menevä aika riippuu pitkälti myös siitä, kuinka yksityiskohtainen visualisaatiosta yleensä luodaan ja mitä siinä halutaan esittää ja mihin käyttötarkoitukseen. Lisäksi kuuluu mukaan jokaista projektia kohden tarvittava pohjatyö ja myös vaadittava työstäminen.

5.2.1 Projektiin ja markkinointiin hyödynnettävät 3D-visualisaatiot

Tämäntyyppisiä visualisaatioita voisivat olla markkinointikäyttöön tarkoitetut kamera-ajot kohteesta ja yksinkertaisten pintojen ominaisuuksien havainnollistaminen värein ja tekstein. Esimerkiksi kesällä 2019 on tehty visualisaatio markkinointikäyttöön konseptihallista. Lisäksi voitaisiin tehdä esim. paloluokitusten ja kantavuuksien havainnollistaminen värein.

Näissä pystyttäisiin hyödyntämään ennalta tehtyä ympäristöä ja käyttämään ifc-mallia suoraan hyödyksi ilman kattavaa pohjatyötä joka projektille. Hyvällä suunnittelulla ja tarpeiden kartoittamisella pystyttäisiin arvioimaan aika ja tekemään hyvä alustava pohja 3D-ohjelmissa, jota voitaisiin käyttää mahdollisimman monessa eri projektissa.

Pohjan luonnilla 3D-ohjelmissa tarkoitetaan ennalta luotujen ympäristöjen, materiaalien, valaistuksen, 3D-objektien ja muiden tarpeellisten osien tekemistä, joita voitaisiin uudelleen käyttää eri projekteissa. Tämä kuitenkin vaatii toimiakseen hyvää suunnittelua ja tarpeiden kartoitusta, jotta niitä olisi mahdollista käyttää laajalti Teklan mallien ifc-tiedoston kanssa.

Tämä kuitenkin vaatii alustavaa pohjatyötä myös Teklan osuudella, jotta valmista resurssikirjastoa voidaan käyttää tehokkaasti hyödyksi, kuten toteutuksessa mainittu Classien ja Materiaalien huomioiminen. Tosin aivan kaikkea ei voida tehdä valmiiksi ja etenkin yksityiskohtaisemmissa yksittäisten osien liikkeissä joudutaan tekemään enemmän työtä, jos samaa animaatiota ei voi kopioida osien välillä.

5.2.2 Asennukseen ja ohjeisiin hyödynnettävät 3D-visualisaatiot

Tämäntyyppisissä visualisaatioissa yleensä tehdään yksittäisten osien tai ryhmien animaatiota, jotka vaativat animaatiosta riippuen tietynlaisen pohjatyön objektien hierarkiaa varten. Visualisaation suunnittelulla pystytään valmistelemaan kohde tarpeeksi hyvin, jotta animaatioiden luonti ja käyttö olisi tarpeeksi tehokasta, on kyseessä varsinainen liike tai pelkkä pinnan värin muutos. Tällaiseen visualisaatioon vaaditaan Teklassa tehtyjen assemblyjen säilyminen Blenderin objektien hierarkiaan, muuten tuo pitää erikseen tehdä vielä manuaalisesti uudestaan.

Varsinaisten animaatioiden luonteihin kuuluva aika riippuu siitä kuinka yksityiskohtaisesti koko prosessin halutaan esitettävän, ja myös riippuu siitä kuinka paljon animaatioiden toistoa pystytään kopioimaan. Toistuvaa animaatiota pystyttäisiinkin käyttämään osasta toiseen ja hyödyntämään tällä tavoin ajallisesti. Ongelmana kuitenkin oli ifc-tiedoston käännessä dae- tai fbx-tiedostomuotoon. Tuon prosessin aikana assemblyt räjähti tai toisin sanoen assemblyjen data ei kääntynyt 3D-ohjelmien hierarkiseen muotoon.

Hierarkian manuaalinen kokoaminen aiheutti ylimääräistä pohjatyöstämistä jokaista ifc-mallia kohden Blenderissä, ennen kuin vasta pääsi varsinaisesti luomaan 3D-visualisaatiota kohteesta. Aikaisemmin mainittujen syiden takia olisi varmaan hyvä valita kohde, josta voidaan luoda yksityiskohtaisemmat visualisaatiot, joita pystyttäisiin käyttämään useassa tilanteessa, ettei visualisaatio jää pelkästään kertaluontoiseksi esitykseksi.

5.3 Visualisoinnin työstämisen jatkokehitys ja optimointi

Myöhemmin tuli testattua Trimble Connect -ohjelmaa, jota käytetään ifc-mallien esikatselamiseen. Tuossa ohjelmassa kuitenkin pystytään valitsemaan luodut Assemblyt ja käsittelemään niitä. Ifc-malli kuitenkin sisältää kyseisen tiedon, jonka muuttamiseen oikeantyyppiseksi hierarkiaksi olisi luultavasti mahdollista. Tosin tässä opinnäytetyössä ifc-tiedoston käsittelyyn oli rajattu tietyt ohjelmat.

Kyseessä olisi vain oikean ohjelman löytäminen, joka pystyisi parhaiten kääntämään ifc- ja dae- tai fbx-tiedostojen välillä. Tämän jälkeen yksityiskohtaisempien visualisaatioiden hyödyntämisen mahdollisuus kasvaisi projektikohtaisesti ja etenkin käyttämällä valmiita pohjia vielä lisäksi.

Mutta Teklassa Classeja hyödyntämällä voidaan määrittää ja eritellä rakenteet toisistaan yksinkertaisempaa visualisointia varten. Vaihtoehtoisesti vähemmän muutoksia aiheuttava tapa, joka ei aiheuta yhteensopivuus ongelmia valmiiksi määriteltyjen Classien suhteen ja toimii myös lisäyksenä, on Teklassa Phase Managerin käyttö, jolla voidaan malli jaotella osiksi ja käyttää Selection Filterien kanssa.

Phase Managerilla jaotellut osat voidaan tallentaa omiksi ifc-tiedostoiksi sisältäen esimerkiksi tietyn lohkon pilarit tai palkit. Tällä tavoin voidaan myös synkronisoida työstön alla oleva Teklan malli 3D-ohjelmaa varten, jolla tarvittaessa voi päivittää muutokset tai lisätä rakenteita korvaamatta kaikkia aikaisemmin tehtyjä kohtia.

Isoimmat kohteet Teklan mallista, kuten esimerkiksi laajat logistiikkakeskukset, pitää tuoda mahdollisesti useassa osassa, kun kahden päätoteutuksen lisäksi tuli testattua isomman kohteen vientiä Teklasta Blenderiin. Isommat kohteet alkavat sisältämään niin paljon osia ja dataa, että yksittäisen ifc-tiedoston aukaiseminen ja muuttaminen tekee ohjelmista epävakaa.

Toteutuksen puolesta animaation ja visualisointiin luontiin löytyy kattavasti erilaisia työkaluja, lisäosia Blenderin sisällä lisäksi ja erilaisia ohjelmia työstämisen helpottamiseksi. Tässä opinnäytetyössä ei kaikkeen pystynyt perehtymään, vaan oli tarkoitus keskittyä perustyökalujen käyttöön alustavasti Blenderissä ja niiden soveltamiseen Teklan kanssa, että saataisiin alustava kuva työnkulusta.

Jatkokehittämisen puolesta olisi mahdollista tutkia vaihtoehtoisia toteutustapoja visualisaation ja animaation nopeuttamiseksi, jotta myös havainnollistavampia toteutustapoja olisi mahdollista tehdä enemmän projektikohtaisesti.

5.4 Lisämahdollisuuksia 3D-visualisoinnin käyttöön

Vaikkakin luoduista visualisaatioista lopputuloksena olikin lähinnä kuvia ja videoita, pystyttäisiin Blenderissä luotuja animoituja malleja hyödyntämään myös reaaliaikaisesti, ettei olisi sidottuna ennalta määrättyihin kuvakulmiin. Kyseistä malleja olisi mahdollista esikatsella samaan tapaan animaatioiden kanssa, kuten ifc-mallia voi esikatsella Trimble Connectissa. Etuna kuviin ja videoihin olisi se, että katselija pystyisi itse valitsemaan yksityiskohdan, mitä haluaa tutkia lähempää asennusprosessin aikana.

3D-mallin animaatioiden reaaliaikaiseen esikatseluun voidaan käyttää Blenderiä itsessään omana alustana, jos renderöintimoottorina ollaan käytetty Eeveetä. Tosin haasteena on ohjelman oman käyttöliittymän opetteleminen esitystarkoitusta varten, joten se ei välttämättä sovellu yleiseen käyttöön. Vaikka käyttöliittymän voi muokata ja riisua ihan peruselementteihin asti, mutta siitä huolimatta perusasiat, kuten navigointi, ei ole aivan niin suoraviivaisia kuin mitä esimerkiksi Trimble Connectissa.

Koska dae- ja fbx-tiedostomuoto tukee myös animaatioiden tallennusta, voidaan niiden avulla teoriassa viedä animoitu 3D-malli Blenderistä toiseen ohjelmaan ja esikatsella reaaliaikaisesti siellä. Tämä aukaisee mahdollisuuksia tämän suhteen huomattavasti enemmän ja vaihtoehtona voisi löytyä animaatioiden esikatseluun helpommin soveltuva ohjelma yleiseen käyttöön. Tämän testaaminen käytännössä ei kuulunut tämän opinnäytetyön tarkoitukseen.

Kyseisiä animaatioita pystyttäisiin myös hyödyntämään virtuaalisessa ja augmentoidussa ympäristössä. Käytännössä video alustana on helpompi jakaa ja esittää tarkoituksia varten, mikä tuli esille kohderyhmien haastatteluissa.

6 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia, mitä hyötyjä saadaan eri tyyppisillä 3D-visualisoinnilla teräsrakenneprojektien eri vaiheissa, ja kuinka sitä voidaan soveltaa eri kohderyhmille Ruukki Building Systems Oy:lle. Tutkimusta varten luotiin pääasiassa kaksi erityyppistä 3D-visualisaatiota. Yksinkertaisempi teräsallin rungon asennusjärjestys tehtiin, jonka kokemuksen pohjalta pystyttiin suunnittelemaan yksityiskohtaisempia vaiheita esittävät wq-palkiston ja laatastion asennuksen vaiheet. Tutkimuksen lisäksi laatastion visualisaatiolla oli myös alustavaa käytännön tarvetta, joka toimii ohjeiden lisänä vaiheiden havainnollistamiseen.

Aikaisemmin vastaavan tyyppisiä animaatiovisualisaatiota opinnäytetyön tekijä ei ollut tehnyt. Toteutuksessa tehtiin pääosin kaksi varsinaista työtä, mutta lisäksi testattiin useita eri ifc-malleja eri ohjelmilla vaihdellen Teklan ja Blenderin välillä, jotta pystyttiin selvittämään, kuinka eri asetukset vaikuttavat työstössä, ja millä on eniten käytännön merkitystä ja ajallista vaikutusta.

Tästä saatiin parempi pohja jatkokehittämistä varten, kun oli selkeämmin tiedossa, mitä rajoitteita ja huomioimista on, ja miten paljon aikaa menee vastaavan tyyppiseen visualisaation työstämiseen. Näin pystyttiin tutkimaan parhaiten, millä tavalla visualisointia voidaan hyödyntää optimaalisimmin eri kohderyhmiä varten, ja missä olisi jatkokehittettävää sekä teknisellä toteutuksen puolella ja visualisointien tyypeissä.

LÄHTEET

- Ruukki Building Systems – yksiköstä itsenäinen liiketoiminto. 13.6.2019. [Verkkajulkaisu]. Rautaruukki Oy. [Viitattu 12.3.2020]. Saatavana: <https://www.ruukki.com/fin/b2b/tietoa-meist%C3%A4/uutiset-ja-tapahtumat/uutiset-details/13-06-2019-ruukki-building-systems-yksik%C3%B6st%C3%A4-itsen%C3%A4inen-liiketoiminto>
- What is 3D Visualization, Who Does it & Why Do you Need it? 19.1.2016. [Verkkajulkaisu]. Upwork. [Viitattu 12.3.2020]. Saatavana: <https://www.upwork.com/hiring/design/what-is-3d-visualization-who-does-it-why-do-you-need-it/>
- WHAT is 3D Visualization? 1.8.2017. [Verkkajulkaisu]. Linked in. [Viitattu 12.3.2020]. Saatavana: <https://www.linkedin.com/pulse/what-3d-visualization-into-sema>
- Powerful structural BIM software for better projects. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Tekla. [Viitattu 14.3.2020]. Saatavana: <https://www.tekla.com/products/tekla-structures>
- Designing and building better with bim. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Autodesk. [Viitattu 14.4.2020]. Saatavilla: <https://www.autodesk.com/solutions/bim>
- SketchUp Help Center. Ei päiväystä. SketchUp for Web. [Verkkosivu]. [Viitattu 16.3.2020]. Saatavana: <https://help.sketchup.com/en/sketchup-web/sketchup-web>
- SketchUp Help Center. Ei päiväystä. Downloading older versions [Verkkosivu]. [Viitattu 17.3.2020]. Saatavana: <https://help.sketchup.com/en/downloading-older-versions>
- IfcOpenShell. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. [Viitattu 16.3.2020]. Saatavana: <http://ifcopenshell.org/>
- Graphisoft. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Archicad. [Viitattu 16.3.2020]. Saatavana: <https://www.graphisoft.com/archicad/>
- Fileinfo. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Wavefront OBJ. [Viitattu 20.3.2020]. Saatavana: <https://fileinfo.com/extension/obj>
- Blender Developers Blog. 10.8.2013. FBX binary file format specification. [Verkkosivu]. [Viitattu 20.3.2020]. Saatavana: <https://code.blender.org/2013/08/fbx-binary-file-format-specification/>

Khronos Group. Ei päiväystä. COLLADA. [Verkkosivu]. [Viitattu 20.3.2020].
 Saatavana: <https://www.khronos.org/collada/>

Blender 2.82 Manual. Ei päiväystä. Blender [Verkkosivu]. [Viitattu 24.3.2020].
 Saatavana:
https://docs.blender.org/manual/en/2.80/getting_started/about/introduction.html

Blender 2.82 Manual. Ei päiväystä. Cycles [Verkkosivu]. [Viitattu 10.04.2020].
 Saatavana:
<https://docs.blender.org/manual/en/2.80/render/cycles/introduction.html>

Blender 2.82 Manual. Ei päiväystä. Eevee [Verkkosivu]. [Viitattu 11.04.2020].
 Saatavana:
<https://docs.blender.org/manual/en/2.80/render/eevee/introduction.html>

Jensén, J. & Sepponen, H. 2.2.2020. Ruukki Building Systems Oy. Palaveri teräshallin rungosta.

Jensén, J. & Sepponen, H. 14.3.2020. Ruukki Building Systems Oy. Palaveri laatastosta.

Ruukki. 2018. Välipohjapalkkien asennusohje. Vain yrityksen sisäiseen käyttöön.

Tekla Structures support. 10.9.2019. IFC [Verkkosivu] Tekla. [Viitattu 16.3.2020].
 Saatavana:
https://teklastructures.support.tekla.com/2019i/en/int_ifc_general_info

Tekla Structures support. 10.9.2020. Create assemblies [Verkkosivu]. [Viitattu 3.3.2020]. Saatavana:
https://teklastructures.support.tekla.com/2019/en/mod_assembly_hierarchy

Tekla Structures support. 12.3.2020. Assembly hierarchy [Verkkosivu]. [Viitattu 3.3.2020]. Saatavana:
https://teklastructures.support.tekla.com/2019/en/mod_assembly_hierarchy

Tekla Structures support. 23.3.2020. Class [Verkkosivu]. [Viitattu 3.3.2020].
 Saatavana: https://teklastructures.support.tekla.com/en/glo_id536

Blender 2.82 Manual. Ei päiväystä. Outliner [Verkkosivu]. [Viitattu 3.3.2020].
 Saatavana: <https://docs.blender.org/manual/en/latest/editors/outliner.html#>

Blender 2.82 Manual. Ei päiväystä. Eevee material [Verkkosivu]. [Viitattu 6.3.2020]. Saatavana:
<https://docs.blender.org/manual/en/latest/render/eevee/materials/introduction.html>

Pada, D. 9.4.2020. Kommentteja kyselyyn. [Henkilökohtainen sähköpostiviesti].
Vastaanottaja: Peetu Orava. [Viitattu 24.4.2020].

Jäsperlä, M. 9.4.2020. Kommentteja kyselyyn. [Henkilökohtainen sähköpostiviesti].
Vastaanottaja: Peetu Orava. [Viitattu 24.4.2020].

Korteniemi, E. 9.4.2020. Kommentteja kyselyyn. [Henkilökohtainen
sähköpostiviesti]. Vastaanottaja: Peetu Orava. [Viitattu 24.4.2020].

Alanko, T. 14.4.2020. Kommentteja kyselyyn. [Henkilökohtainen sähköpostiviesti].
Vastaanottaja: Peetu Orava. [Viitattu 24.4.2020].